



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
‘ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΩΝ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ
ΔΙΚΤΥΩΝ’

ΜΑΘΗΜΑ: “Ψηφιακή Τηλεόραση”

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: “Δεσύπρης Νικόλαος”

CASE SYNOPSES

«Εκπομπή Ψηφιακού Τηλεοπτικού Σήματος μέσω Δορυφόρου»

Παπαλέξης Γρηγόρης
ΜΟΠ357

Αρβανίτης Διονύσιος
ΜΟΠ331

Δίελας Ιωάννης
ΜΟΠ333

ΑΘΗΝΑ
Ιούνιος 2012

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	6
1.1. ΓΕΝΙΚΑ	7
1.2. ΤΡΟΧΙΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	9
1.3. ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	11
1.3.1. Δορυφορικό ή Διαστημικό τμήμα (Space segment)	11
1.3.2. Επίγειο τμήμα (Ground segment).....	13
1.4. ΤΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΡΑΔΙΟΦΑΣΜΑ.....	13
1.5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ, ΒΙΝΤΕΟ ΚΑΙ ΗΧΟΥ	15
2. ΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ DVB-S & DVB-S2	15
2.1. MPEG ΚΑΙ DVB	15
2.2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ DVB-S.....	18
2.2.1. Αρχιτεκτονική μετάδοσης.....	19
2.2.2. Κωδικοποίηση.....	21
2.2.3. Διαμόρφωση.....	22
2.2.4. Απόδοση του συστήματος DVB-S	23
2.3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ DVB-S2.....	25
2.3.1. Αρχιτεκτονική μετάδοσης.....	26
2.3.2. Κωδικοποίηση.....	27
2.3.3. Διαμόρφωση.....	28
2.3.4. Δομή του πλαισίου στο DVB-S2.....	29
2.3.5. Συμβατότητα με συστήματα DVB-S.....	30
2.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ DVB-S ΚΑΙ DVB-S2	31
3. Η ΕΚΠΟΜΠΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΗΜΕΡΑ.	32
3.1. ΕΚΠΟΜΠΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΗΣ ΕΥΚΡΙΝΕΙΑΣ (SDTV ΚΑΙ HDTV BROADCASTING).	32
3.1.1. SDTV.....	32
3.1.2. HDTV.....	34
3.2. 3DTV.	37
3.2.1. Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	38
3.2.2. Επιπτώσεις στην υγεία	40
3.3. Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΣΗΜΕΡΑ.....	45
3.3.1. NOVA.....	45
3.3.2. ΟΤΕ TV.....	46
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1. ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	12
ΕΙΚΟΝΑ 2. ΕΠΙΓΕΙΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	13
ΕΙΚΟΝΑ 3. ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ DVB ΓΙΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ.....	20
ΕΙΚΟΝΑ 4. ΔΟΜΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	21
ΕΙΚΟΝΑ 5. ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΕΒ/ΝΟ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ ΣΤΟ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ ΤΟΥ ΑΝΑΜΕΤΑΔΟΤΗ (BW).....	24
ΕΙΚΟΝΑ 6. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΜΠΛΟΚ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DVB-S2.....	26
ΕΙΚΟΝΑ 7. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΟΥ RU ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ CNR ΓΙΑ ΔΟΡΥΦΟΡΟ, ΣΕ ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΠΛΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΑΝΑ ΑΝΑΜΕΤΟΔΟΤΗ.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 8. COMMON PICTURE RESOLUTIONS. [HTTP://WWW.HDTVFAQ.ORG/HDTV-FORMATS.HTML].....	36
ΕΙΚΟΝΑ 9. FRAME SEQUENTIAL 3D VIDEO. [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DVB_3D-TV].....	39
ΕΙΚΟΝΑ 10. SIDE BY SIDE FORMAT. [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DVB_3D-TV].....	39
ΕΙΚΟΝΑ 11. TOP AND BOTTOM FORMAT. [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DVB_3D-TV].....	40
ΕΙΚΟΝΑ 12. ΤΟ ΛΟΓΟΤΥΠΟ ΤΗΣ ΝΟΒΑ.....	45
ΕΙΚΟΝΑ 13. ΤΟ ΛΟΓΟΤΥΠΟ ΤΗΣ ΟΤΕ TV.....	46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΟΥ ΡΑΔΙΟΦΑΣΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ.....	14
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΑΠΟΔΟΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ DVB ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ.....	25
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ DVB-S ΜΕ DVB-S2.....	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. ΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ (RESOLUTION) ΣΤΗΝ SDTV.....	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. CHANNELS BROADCASTING IN 3D (HTTP://EN.KINGOFSAT.NET/3DTV.PHP).....	44

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση του τρόπου εκπομπής δορυφορικού ψηφιακού σήματος για χρήση στην ψηφιακή τηλεόραση. Στο πρώτο κεφάλαιο, εισάγουμε στοιχεία των δορυφορικών επικοινωνιών όπως η δομή ενός δορυφορικού συστήματος, οι τροχιές που ακολουθούν οι δορυφόροι και το ραδιοφάσμα που χρησιμοποιούν. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφουμε τα πρότυπα εκπομπής ψηφιακού δορυφορικού σήματος DVB-S και DVB-S2. Αναλύουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά των προτύπων, τη μεταξύ τους συμβατότητα και συγκρίνουμε την απόδοσή τους. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζουμε τις τεχνολογίες εκπομπής δορυφορικών τηλεοπτικών σημάτων που εκπέμπονται μέσω δορυφόρων. Παρουσιάζουμε τις τεχνολογίες μετάδοσης κανονικής ευκρίνειας εικόνας – SDTV (Standard Definition Television), υψηλής ευκρίνειας - HDTV (High Definition Television) και τρισδιάστατης απεικόνισης - 3DTV (3D Television). Η εργασία τελειώνει με μια αναφορά στις δύο τηλεοπτικές πλατφόρμες της Ελληνικής αγοράς, NOVA και ΟΤΕ TV.

1. Εισαγωγικά Στοιχεία Δορυφορικών Επικοινωνιών

Η ιστορία των δορυφορικών επικοινωνιών ανήκει όλη στον 20ο αιώνα. Ο Β΄ παγκόσμιος πόλεμος αποτέλεσε σταθμό για την ιστορία των δορυφορικών επικοινωνιών λόγω της μεγάλης ανάπτυξης της μικροκυματικής τεχνολογίας που σημειώθηκε. Οι επικοινωνίες ξεκίνησαν με τον πρώτο δορυφόρο που εκτοξεύθηκε από τις ΗΠΑ το 1958 ενώ η πρώτη μορφή εμπορικής εκμετάλλευσης εμφανίζεται με τον Early Bird, δορυφόρο που ετέθη σε τροχιά στις 6 Απριλίου 1965. Τα πρώτα δορυφορικά συστήματα δεν ήταν και τόσο βιώσιμα καθώς η σχετικά μικρή ισχύς των πυραύλων που εκτόξευαν τους δορυφόρους τους έθεταν σε τροχιά όχι μακρύτερη των 10 χλμ από την Γη. Η χαμηλή τροχιά είχε σαν αποτέλεσμα ο δορυφόρος να κινείται ταχύτερα από την περιστροφή της Γης πράγμα που επηρέαζε την κατασκευή την γήινων σταθμών καθώς έπρεπε να περιστρέφονται συνεχώς για να παρακολουθούν τους δορυφόρους.

Στην εξέλιξη των συστημάτων αυτών κατασκευάστηκαν οι γεωστατικοί δορυφόροι που τίθενται σε τροχιά 35.786χλμ με ταχύτητα 11.040 χλμ/ώρα, ώστε να μένουν σταθεροί πάνω από το ίδιο σημείο της γης. Η ταχύτητα αυτή είναι ίση με την γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της γης και έτσι οι επίγειοι σταθμοί δεν περιστρέφονται, καθώς βλέπουν μόνιμα στο ίδιο σημείο. Ο επικοινωνιακός δορυφόρος λειτουργεί απλά σαν καθρέφτης που επανεκπέμπει προς τη γη το λαμβανόμενο μικροκυματικό σήμα. Κάθε γεωστατικός δορυφόρος καλύπτει έναν ορίζοντα 120 μοιρών έτσι που με τρεις τέτοιους δορυφόρους καλύπτεται όλη η γη. (http://en.wikipedia.org/wiki/DVB_3D-TV)

Συγκρίνοντας τα δορυφορικά συστήματα με τα άλλα μέσα παρατηρούμε τα εξής:

- Οι δορυφόροι καλύπτουν με άνεση απαιτήσεις εκπομπής σημάτων ευρείας ζώνης συχνοτήτων
- Έχουν μεγάλη καθυστέρηση σήματος της τάξης των 250 msec που οφείλεται στην μεγάλη απόσταση. Η καθυστέρηση αυτή είναι ενοχλητική τόσο στην τηλεφωνία όσο και στην μετάδοση δεδομένων.
- Δεν παρέχει καμία ασφάλεια στην μεταδιδόμενη πληροφορία καθώς όλος ο κόσμος μπορεί να λάβει την πληροφορία που εκπέμπει ο δορυφόρος. Αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα συστήματα κρυπτογράφησης
- Δεν παίζει κανένα ρόλο η μεταξύ των επικοινωνούντων ανταποκριτών απόσταση
- Το κόστος χρήσης είναι ανεξάρτητο της απόστασης επικοινωνίας

Οι επικοινωνιακοί δορυφόροι χρησιμοποιούνται κυρίως για τηλεφωνία τηλεόραση και μετάδοση δεδομένων. Η πρόκληση που αντιμετωπίζει ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών τα

τελευταία χρόνια είναι η εξυπηρέτηση της ζήτησης για ολοένα και μεγαλύτερο εύρος ζώνης, γεγονός που οδηγεί στην ανάγκη ανάπτυξης δικτύων μεγαλύτερης χωρητικότητας. Η χρήση δορυφόρων στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα παροχής υπηρεσιών οφείλεται κυρίως στην εγγενή δυνατότητά τους να παρέχουν κάλυψη σε ευρείες γεωγραφικές περιοχές. Οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι παρέχουν σήμερα ένα αποτελεσματικό υπόβαθρο για την τηλεπικοινωνιακή διασύνδεση σημείων της γης χωρίς αυτές να έχουν οπτική επαφή, δημιουργώντας κανάλια υψηλής χωρητικότητας με δυνατότητες πολλαπλής εκπομπής και προσπέλασης.

Ως τμήμα των σύγχρονων τηλεπικοινωνιών, οι δορυφορικές επικοινωνίες έρχονται και αυτές αντιμέτωπες με την πρόκληση της νέας τάσης στο χώρο αυτό, την ενοποίηση δηλαδή όλων των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών σε ένα κοινό δίκτυο και τις αυξημένες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης που αυτή συνεπάγεται. Η εκρηκτική ανάπτυξη και διάδοση της χρήσης του Διαδικτύου (Internet) είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ακόμα πολυπλοκότερων και πιο απαιτητικών εφαρμογών, γνωστών και ως εφαρμογών πολυμέσων (multimedia), δηλαδή υπηρεσιών που χειρίζονται πολλούς και διαφορετικούς τύπους μέσων και τους παρουσιάζουν στο χρήστη συγχρονισμένους [F.700, ITU-T].

Η απόδοση των δορυφορικών και των επίγειων κεραιών έχει βελτιωθεί λόγω της χρήσης υψηλότερων συχνοτήτων, ενώ η διάρκεια ζωής των διαστημικών σταθμών έφτασε τα 12-15 έτη λόγω βελτίωσης των χρησιμοποιούμενων υλικών και των συναφών τεχνολογιών. Παράλληλα, η τεχνολογία που αφορά τους επίγειους τερματικούς σταθμούς βελτιώθηκε σε μεγάλο βαθμό, επιτρέποντας τη μείωση του κόστους αλλά και των διαστάσεων του τερματικού, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για παροχή υπηρεσιών απευθείας στις εγκαταστάσεις του χρήστη (Direct-to-Home, DTH).

Τα τελευταία χρόνια, τα συστήματα δορυφορικών τηλεπικοινωνιών έχουν αρχίσει να αντιμετωπίζουν έντονο ανταγωνισμό για επικοινωνίες σημείου-προς-σημείο (point-to-point) από τα συστήματα οπτικών ινών η χρήση των οποίων δίνει μια λύση στο πρόβλημα των μεγάλων απαιτήσεων σε εύρος ζώνης.

1.1.Γενικά

Οι δορυφόροι έχουν τη μοναδική δυνατότητα να παρέχουν κάλυψη μεγάλων γεωγραφικών περιοχών και να διασυνδέουν μακρινούς και δυσπρόσιτους τηλεπικοινωνιακούς κόμβους και γι' αυτό τα δορυφορικά δίκτυα αποτελούν σήμερα αναπόσπαστο τμήμα των περισσότερων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Τις τελευταίες δεκαετίες η τεχνολογία των

δορυφορικών συστημάτων συνεχώς προοδεύει και η χρήση γεωσύγχρονων δορυφόρων για επικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων αναπτύσσεται ταχύτατα.

Σήμερα, η εξοικείωση των ηλεκτρονικών μηχανικών με τη δορυφορική τεχνολογία, τις δορυφορικές επικοινωνίες και τις δορυφορικές ζεύξεις καθίσταται αναγκαία, καθώς οι δορυφορικές τηλεπικοινωνίες αναμένεται να παίζουν συνεχώς μεγαλύτερο ρόλο στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα. Οι δορυφόροι έχουν προωθήσει σημαντικά την επικοινωνία με την δημιουργία παγκόσμιων τηλεφωνικών συνδέσεων, ενώ χάρη σε αυτούς γίνονται εφικτές ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές μεταδόσεις σε πραγματικό χρόνο. Ένας δορυφόρος λαμβάνει σήμα μικροκυμάτων από έναν επίγειο σταθμό (*uplink*), κατόπιν ενισχύει και αναμεταδίδει το σήμα σε έναν σταθμό λήψης στη γη σε διαφορετική συχνότητα (η κατιούσα σύνδεση). Ένας δορυφόρος επικοινωνίας τοποθετείται σε γεωσύγχρονη τροχιά, πράγμα που σημαίνει σημαίνει ότι τίθεται σε τροχιά με την ίδια ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται η Γη. Ο δορυφόρος μένει στην ίδια θέση σχετικά με την επιφάνεια της Γης, έτσι ώστε ο σταθμός αναμετάδοσης δεν θα χάσει ποτέ την επαφή με τον δέκτη.

Οι τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες που παρέχονται μέσω δορυφόρου χωρίζονται, σύμφωνα με το Διεθνή Κανονισμό Ραδιοεπικοινωνιών [World Radio Regulations,1998] που συντάσσεται από την Διεθνή Ένωση Επικοινωνιών (International Telecommunication Union), σε διάφορες κατηγορίες.

Για την ραδιοφωνία και την τηλεόραση έχουμε την Υπηρεσία εκπομπής ραδιοφωνίας ή τηλεόρασης μέσω δορυφόρου (*Broadcasting Radio or TV Satellite Service*): υπηρεσία ραδιοεπικοινωνίας στην οποία σήματα εκπεμπόμενα ή αναμεταβιβαζόμενα από διαστημικούς Σταθμούς προορίζονται για απευθείας λήψη από το ευρύ κοινό. Στην υπηρεσία αυτή ο όρος «απευθείας λήψη» από το ευρύ κοινό πρέπει να περιλαμβάνει και την ατομική και την συλλογική λήψη Όλες οι δορυφορικές υπηρεσίες έχουν δοθεί από την ITU σε συγκεκριμένες ζώνες συχνοτήτων αφορούν γεωστατικούς και μη γεωστατικούς δορυφόρους. Μερικές από αυτές επικαλύπτονται μεταξύ τους ή και με άλλες υπηρεσίες που δεν παρέχονται μέσω δορυφόρου.

Δορυφορική τηλεόραση είναι τα τηλεοπτικά προγράμματα που μεταδίδονται μέσα από τις δορυφορικές επικοινωνίες και λαμβάνονται από μια εξωτερική κεραία, συνήθως ένα παραβολικό κάτοπτρο όπως αναφέρεται, δηλαδή ένα δορυφορικό πιάτο. Στην δορυφορική τηλεόραση ως δέκτες είναι επίσης και μια κάρτα ή ένα USB stick που θα συνδέεται με ένα προσωπικό υπολογιστή . Σε πολλές περιοχές του κόσμου η δορυφορική τηλεόραση παρέχει

ένα ευρύ φάσμα των καναλιών και υπηρεσιών, συχνά σε περιοχές που δεν εξυπηρετούνται από επίγεια ή καλωδιακή παροχή.

Η απευθείας μετάδοση μέσω δορυφόρου τηλεόραση έρχεται στο ευρύ κοινό σε δύο ξεχωριστούς τρόπους - αναλογική και ψηφιακή. Αυτό απαιτεί είτε με ένα αναλογικό δορυφορικό δέκτη ή ένα ψηφιακό δορυφορικό δέκτη. Αναλογική δορυφορική τηλεόραση έχει αντικατασταθεί από την ψηφιακή δορυφορική τηλεόραση και ο τελευταίος που θα καταστεί διαθέσιμη σε μια καλύτερη ποιότητα γνωστό ως τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας .

Η δορυφορική τηλεόραση στην Ελλάδα ξεκίνησε με επίγεια λήψη. Με έξι δορυφορικά κανάλια (CNN, MTV, TV5, TVE, RAI UNO, Euronews) που βλέπαμε μέσα από τις συχνότητες της EPT. Σήμερα η EPT αναμεταδίδει μόνο τα ΡΙΚ, RAI UNO, CNN, TV5 και Eurosport. Όμως κανένα από τα κανάλια αυτά δεν έχει πανελλήνια κάλυψη καθώς καθένα από αυτά μεταδίδεται σε κάποιες περιοχές της χώρας. Ενδεικτικά, το Eurosport «βλέπουν» πλέον μόνον οι Αθήνα και Θεσσαλονίκη, ενώ το γαλλικό TV5 «πιάνουν» οι κάτοικοι της Αττικής και άλλων 11 νομών.

http://195.251.240.254:8080/bitstream/handle/10184/724/mousitsas_main.pdf?sequence=1

1.2. Τροχιές Δορυφορικών Συστημάτων

Γεωσύγχρονοι Δορυφόροι (geosynchronous) Γεωσύγχρονος είναι εκείνος ο δορυφόρος που περιστρέφεται σε μέσο ύψος περίπου 37,000Km πάνω από τη Γη]. Η γωνία ανύψωσης του είναι ορθογώνια (90ο) από τον Ισημερινό και η γωνιακή του ταχύτητα ταυτίζεται με αυτήν της Γης, δηλαδή, διαθέτει περίοδο περιστροφής $T=23\text{h } 56\text{min } 4,1\text{sec}$. Τόσο η κλίση, όσο και η εκκεντρότητα της γεωσύγχρονης τροχιάς μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή.

Γεωστατικοί δορυφόροι (geostationary, GEO) Ο γεωστατικός δορυφόρος είναι ένας γεωσύγχρονος δορυφόρος του οποίου η τροχιά έχει μηδενική εκκεντρότητα και κλίση. Επομένως, ο δορυφόρος GEO φαίνεται ακίνητος από ένα παρατηρητή που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης. Στην πραγματικότητα όμως, οι γεωστατικοί δορυφόροι παρουσιάζουν μια μικρή κλίση λόγω των φαινομένων έλξης από τον ήλιο ή από την σελήνη, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει γωνία κλίσης αρκετών μοιρών κατά τη διάρκεια ενός έτους. Για τον λόγο αυτό, η τροχιά του δορυφόρου διορθώνεται περιοδικά ώστε να παραμένει στο ισημερινό επίπεδο αλλά και για να παραμένει σταθερή ως προς την τροχιακή θέση (σε μοίρες) πάνω στο ισημερινό επίπεδο.

Η γεωστατική τροχιά είναι ιδιαίτερα βολική προκειμένου για τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές όπου χρησιμοποιείται για τα περισσότερα υπάρχοντα δορυφορικά τηλεπικοινωνιακά συστήματα.

Μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής δορυφορικές τροχιές :

- **Ελλειπτικές ή Γεωσταθμικές Τροχιές (Geostationary Earth Orbit, GEO):** Οι τροχιές αυτές είναι κεκλιμένες σε σχέση με το επίπεδο του ισημερινού και δίνουν τη δυνατότητα στον αντίστοιχο δορυφόρο να καλύπτει περιοχές υψηλού γεωγραφικού πλάτους για μεγάλο ποσοστό της περιόδου περιστροφής, καθώς αυτός διέρχεται από το απόγειο της τροχιάς του. Οι δορυφόροι σε μια τέτοια τροχιά αντιμετωπίζουν εξίσου το πρόβλημα της υψηλής καθυστέρησης διάδοσης, ενώ εδώ πρέπει να ληφθεί υπόψη και η σημαντική επίδραση του φαινομένου Doppler κατά το οποίο η φέρουσα συχνότητα των δορυφορικών μεταδόσεων όταν λαμβάνονται από τον επίγειο σταθμό αυξάνεται, όταν ο δορυφόρος πλησιάζει τη γη, και μειώνεται, όταν ο δορυφόρος απομακρύνεται από αυτή.
- **Μεσαίες (Medium Earth Orbits, MEO):** Το ύψος των τροχιών αυτών κυμαίνεται στα 5000-12000 km με κλίση περίπου 50°. Μπορούν να παρέχουν πραγματική παγκόσμια κάλυψη, αλλά για να καταστεί αυτό δυνατό απαιτείται ένας αστερισμός (constellation) 10 έως 15 δορυφόρων. Εδώ παρατηρούνται λιγότερες απώλειες διαδρομής και μικρότερη καθυστέρηση διάδοσης. Από την άλλη πλευρά, απαιτείται η σχεδίαση πολύπλοκων αρχιτεκτονικών δικτύου, ενώ η αξιοπιστία του συστήματος είναι μέχρι στιγμής σχετικά χαμηλή. Τέλος, η εκτόξευση, συντήρηση και αντικατάσταση μεγάλου αριθμού δορυφόρων οδηγούν σε δραματική αύξηση του κόστους.
- **Χαμηλές (Low Earth Orbits, LEO):** Το ύψος των τροχιών αυτών είναι μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα (500-900 km) και η κλίση τους περίπου 90°. Μπορούν και αυτές να παρέχουν παγκόσμια κάλυψη και διεθνείς επικοινωνίες σε πραγματικό χρόνο, αλλά για το σκοπό αυτό απαιτείται ένας αστερισμός αρκετών δεκάδων δορυφόρων. Οι χαμηλές απώλειες διαδρομής δίνουν τη δυνατότητα χρήσης μικρότερων σε διαστάσεις επίγειων τερματικών, ενώ η καθυστέρηση διάδοσης ελαχιστοποιείται σε επίπεδα συγκρίσιμα με αυτά των συστημάτων οπτικών ινών. Εντούτοις, παρουσιάζονται και εδώ τα προβλήματα του υψηλού κόστους και της πολύπλοκης σχεδίασης. Επιπλέον, η μεγάλη ταχύτητα των δορυφόρων επιφέρει ταχεία εξάντληση των συστημάτων τροφοδοσίας τους, μειώνοντας έτσι σημαντικά τη διάρκεια ζωής τους.

http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mta/2009/VlahouEleniMaria/attached-document-1263382994-171555-3795/Vlaxou_Eleni_Maria.pdf

1.3.Δομή ενός Δορυφορικού Συστήματος

Ένα τυπικό δορυφορικό σύστημα αποτελείται από δυο τμήματα: το διαστημικό και το επίγειο τμήμα. Τα χαρακτηριστικά κάθε τμήματος εξαρτώνται από το είδος των υπηρεσιών που παρέχει το σύστημα (σταθερή ή κινητή υπηρεσία, απευθείας εκπομπής κτλ).

Η συνολική διαδρομή την οποία πρέπει να διανύσουν τα ραδιοκύματα από την πηγή μέχρι τον προορισμό μπορεί να χωριστεί σε δυο επιμέρους ζεύξεις: στη ζεύξη επίγειου σταθμού - δορυφόρου (ή προς τα άνω ζεύξη, uplink) και στη ζεύξη δορυφόρου - επίγειου σταθμού (ή προς τα κάτω ζεύξη, downlink), η ποιότητα της ραδιοζεύξης καθορίζεται κυρίως από τον Λόγο Φέροντος προς Θόρυβο (Carrier to Noise Ratio, CNR). Η επίδοση της συνολικής ζεύξης, δηλαδή από σταθμό σε σταθμό, αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για τη σχεδίαση του συστήματος και καθορίζεται από την ποιότητα των δυο επιμέρους ζεύξεων

1.3.1. Δορυφορικό ή Διαστημικό τμήμα (Space segment)

Το δορυφορικό τμήμα του συστήματος περιλαμβάνει το δορυφορικό αναμεταδότη και τον επίγειο σταθμό ελέγχου στον οποίο πραγματοποιούνται οι διαδικασίες τηλεμετρίας και ο έλεγχος του δορυφόρου. Οι δορυφόροι είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται για μια πληθώρα εφαρμογών, αλλά η δομή και η εσωτερική τους οργάνωση είναι κοινή σε όλες τις περιπτώσεις. Το βασικό στοιχείο είναι η πλατφόρμα (platform ή bus), η οποία φιλοξενεί το ωφέλιμο φορτίο και όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για τη λειτουργία του δορυφόρου. Το ωφέλιμο φορτίο αποτελείται από τις κεραιές λήψης και εκπομπής και όλο τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό που συντελεί στη μετάδοση των σημάτων. Η πλατφόρμα μπορεί να περιλαμβάνει συστήματα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, ελέγχου της θερμοκρασίας, προώθησης και αλλαγής της τροχιάς, καθώς και τον εξοπλισμό του γενικότερου ελέγχου του δορυφόρου. Στο *Σχήμα 1* φαίνεται το δορυφορικό τμήμα δύο δορυφορικών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων.



Εικόνα 1. Δορυφορικό τμήμα τηλεπικοινωνιακού συστήματος.

Η ζεύξη μεταξύ δύο επίγειων σταθμών γίνεται μέσω του δορυφορικού αναμεταδότη. Το σήμα που εκπέμπεται από κάθε επίγειο σταθμό μεταδίδεται μέσω της ατμόσφαιρας και υφίσταται ποικίλες αποσβέσεις μέχρι να φθάσει στην είσοδό του. Στα αναλογικά συστήματα, ο δορυφορικός αναμεταδότης απλώς ενισχύει το σήμα που φτάνει στην είσοδό του και κατόπιν επανεκπέμπει το συνδυασμό των δύο σημάτων σε διαφορετική συχνότητα δημιουργώντας έτσι το σήμα κάτω ζεύξης. Στα ψηφιακά συστήματα, ο δορυφορικός αναμεταδότης επεξεργάζεται το προς τα άνω σήμα, το οποίο διαμορφώνει και επανεκπέμπει προς τον επίγειο σταθμό λήψης. Ανάλογα με τις λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα στον δορυφόρο, υπάρχει διάκριση στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Διαφανείς (transparent) δορυφόροι:** Ένας τέτοιος δορυφόρος απλά μετατρέπει τη συχνότητα άνω ζεύξης σε μια κατάλληλη συχνότητα κάτω ζεύξης χωρίς οποιαδήποτε επεξεργασία του σήματος βασικής ζώνης. Φυσικά, πραγματοποιείται και η απαραίτητη ενίσχυση του φέροντος σήματος πριν εκπεμφθεί.
- **Αναγεννητικοί (regenerative) δορυφόροι:** Ανήκουν σε μια νέα γενιά δορυφόρων οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με αποδιαμορφωτές. Έτσι, εκτός από τις κλασικές διαδικασίες της ενίσχυσης και της μετατροπής συχνότητας, είναι πλέον δυνατή η επεξεργασία του σήματος βασικής ζώνης και η εκ νέου διαμόρφωσή του.
- **Δορυφόροι με δυνατότητες επεξεργασίας (On-Board Processing, OBP):** Οι δορυφόροι αυτοί διαθέτουν ενσωματωμένη ευφυΐα, γεγονός που επιτρέπει πολλές επιπλέον λειτουργίες, όπως πολυπλεξία, ανάθεση πόρων, αλλαγή του σχήματος διαμόρφωσης/κωδικοποίησης, δρομολόγηση, σηματοδοσία κ.α. Μέσω της OBP είναι δυνατή η παροχή υπηρεσιών προσανατολισμένων στο χρήστη (user oriented services), όπως η εκπομπή σε πολλαπλούς χρήστες (multicast) ή σε μοναδικό

χρήστη (unicast), το TCP/IP και υπηρεσίες point-to-point ή υπηρεσίες σημείου προς πολλαπλά σημεία (point-to-multipoint) και κατ' απαίτηση (on demand).

<http://techblog.gr/database/satellite-tv-how-to/>

1.3.2. Επίγειο τμήμα (Ground segment)

Το επίγειο τμήμα αποτελείται από τον αντίστοιχο επίγειο σταθμό (earth station). Ένας επίγειος σταθμός περιλαμβάνει, γενικά, μια κεραία καθώς και τα τμήματα λήψης και μετάδοσης. Επίσης, περιλαμβάνει όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για ενδεχόμενη διασύνδεση με το επίγειο δίκτυο. Στο *Σχήμα 2* φαίνεται το επίγειο τμήμα δορυφορικών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων με κεραίες παραβολικού τύπου.



Εικόνα 2. Επίγειος σταθμός δορυφορικού συστήματος.

Σημαντικές παράμετροι για κάθε επίγειο σταθμό είναι το μέγεθος των χρησιμοποιούμενων κεραιών και η γωνία ανύψωσης. Σημειώνεται ότι η γωνία ανύψωσης είναι η γωνία που σχηματίζεται από την ευθεία που ενώνει το δορυφόρο με τον επίγειο σταθμό, και την εφαπτόμενη στην επιφάνεια της γης στο σημείο όπου είναι τοποθετημένος ο τελευταίος. Οι επίγειοι σταθμοί επομένως, μπορεί να είναι μεγάλοι ή μικροί ανάλογα με το μέγεθος της κεραίας που διαθέτουν και της ισχύος που εκπέμπουν. Οι κεραίες των μεγάλων επίγειων σταθμών είναι τύπου παραβολικού κατόπτρου και έχουν διάμετρο της τάξης των 12 έως 15m. Αντίθετα, οι μικρότεροι σταθμοί όπως και οι κινητοί επίγειοι σταθμοί έχουν κεραίες διαμέτρου από 0.6 έως 3m.

1.4. Το δορυφορικό Ραδιοφάσμα

Το φάσμα ραδιοσυχνοτήτων αποτελεί το σημαντικότερο φυσικό πόρο για κάθε τύπο ασύρματης επικοινωνίας τόσο επίγειας όσο και δορυφορικής και, ακριβώς λόγω του ότι είναι περιορισμένο, η σωστή αξιοποίησή του αποτελεί αναγκαιότητα για τη βέλτιστη

απόδοση των δορυφορικών συστημάτων. Για τη βελτιστοποίηση και τη δίκαια κατανομή του κοινού αυτού φυσικού πόρου σε όλες τις τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες, η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunications Union, ITU) έχει αναλάβει την εκχώρηση των συχνοτήτων τόσο σε παγκόσμια όσο και σε τοπική κλίμακα. Σε εθνικό επίπεδο, η κατανομή των συχνοτήτων γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται οι παρενοχλήσεις μεταξύ των διαφόρων ραδιοεκπομπών.

Για τις δορυφορικές εφαρμογές έχουν ανατεθεί από την ITU μικροκυματικές συχνότητες στην περιοχή των 1GHz – 40GHz, χωρισμένες στις ζώνες L, S, C, X, Ku, K, Ka. Σε κάθε ζώνη συχνοτήτων έχουν ανατεθεί συγκεκριμένες υπηρεσίες. Μία σχηματική παρουσίαση των ζωνών αυτών καθώς και των αντίστοιχων υπηρεσιών δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Ζώνη Συχνοτήτων	Είδη Υπηρεσιών
L (1-2GHz)	Κινητές Δορυφορικές Υπηρεσίες (MSS), UHF TV, Κυψελωτά Συστήματα (cellular phone)
S (2-4GHz)	MSS, Ερευνητικά Προγράμματα της NASA
C (4-8GHz)	Σταθερές Δορυφορικές Υπηρεσίες (FSS) Επίγεια Μικροκυματικά Δίκτυα
X (8-12,5GHz)	Στρατιωτικές Επικοινωνίες FSS, Μετεωρολογικοί Δορυφόροι
Ku (12,5-18GHz)	FSS, Δορυφορικές Υπηρεσίες Ευρείας Εκπομπής (BSS)
K (18-26,5GHz)	FSS, BSS
Ka (26,5-40GHz)	FSS, LMDS

Πίνακας 1. Περιοχές του ραδιοφάσματος και δορυφορικές υπηρεσίες.

Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι σε κάθε ζώνη συχνοτήτων υπάρχει ένας διαχωρισμός μεταξύ των συχνοτήτων που διατίθενται για τη ζεύξη επίγειου σταθμού-δορυφόρου (άνω ζεύξη – up link) και τη ζεύξη δορυφόρου-επίγειου σταθμού (κάτω ζεύξη-down link).

Καθίσταται σαφές ότι η αποτελεσματικότερη διαχείριση του ραδιοφάσματος αποτελεί ουσιαστική ανάγκη για τα σύγχρονα ασύρματα τηλεπικοινωνιακά συστήματα. Οι τεχνολογικοί περιορισμοί θέτουν αυτή τη στιγμή ένα άνω όριο στις εφικτές συχνότητες λειτουργίας των δορυφορικών επικοινωνιών. Άμεση συνέπεια αυτού είναι η ανάπτυξη τεχνικών για την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του ραδιοφάσματος, όπως η επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων, η κατανομή του φάσματος στους αναμεταδότες, η χρήση διπλής πόλωσης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και η χρησιμοποίηση πολλαπλών λεπτότερων δεσμών. (<http://www.radiofasma.com/>)

1.5.Εφαρμογές δορυφορικής τηλεόρασης, βίντεο και ήχου

Οι υπηρεσίες τηλεόρασης αποτελούν το μεγαλύτερο κομμάτι της βιομηχανίας ψυχαγωγίας και βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή σε δορυφορικά συστήματα, αξιοποιώντας τις δυνατότητες ευρείας εκπομπής των δορυφόρων. Είτε πρόκειται για εκπομπή σημείου προς πολλαπλά σημεία (point to multipoint) είτε για εκπομπή σημείου προς σημείο (point to point), τα δορυφορικά συστήματα παρέχουν το απαιτούμενο υπόβαθρο και έχουν σε μεγάλο βαθμό αντικαταστήσει τα επίγεια μικροκυματικά συστήματα σε εφαρμογές συνδρομητικής ή καλωδιακής (cable) τηλεόρασης. Η τελευταία τάση στην ανάπτυξη των υπηρεσιών τηλεόρασης είναι η DTH τηλεόραση (Direct to Home TV).

Η τάση αυτή υποστηρίχθηκε σημαντικά από την εξέλιξη της τεχνολογίας εξοπλισμού που κατέστησε τις κεραιές των δεκτών μικρές σε μέγεθος και οικονομικά προσιτές για οικιακούς χρήστες καθώς και από την ανάπτυξη σχημάτων κωδικοποίησης και συμπίεσης που επιτρέπουν τη μεταφορά πολλών καναλιών σε κάθε φέρον του αναμεταδότη. Όλα αυτά, σε συνδυασμό με την ιδιότητα των γεωστατικών δορυφόρων να εκπέμπουν το ίδιο σήμα σε γεωγραφικές περιοχές μεγάλης έκτασης, κατέστησαν την προαναφερθείσα επιλογή οικονομικά συμφέρουσα. Συμπερασματικά, οι υπηρεσίες τηλεόρασης αποτελούν σήμερα τεράστιο κομμάτι των δορυφορικών εφαρμογών.

<http://www.dolceta.eu/kypros/Mod6/IPTV.html>

2. Τα Πρότυπα Δορυφορικής Μετάδοσης DVB-S & DVB-S2

2.1.MPEG και DVB

Η μετάδοση σημάτων βίντεο και τηλεόρασης είναι μια από τις σημαντικότερες υπηρεσίες που παρέχουν σήμερα τα δορυφορικά συστήματα. Τα τηλεοπτικά προγράμματα χρησιμοποιούν εύρος ζώνης περίπου 5MHz για τη βασική ζώνη, ενώ οι δορυφορικοί αναμεταδότες έχουν συνήθως εύρος μεταξύ 26 και 72 MHz. Η τεχνολογία συμπίεσης ψηφιακού βίντεο παρέχει τη δυνατότητα μείωσης του απασχολούμενου εύρους ζώνης από κάθε σήμα, ώστε να είναι τελικά εφικτή η μετάδοση πολλαπλών σημάτων ανά αναμεταδότη, χωρίς υποβάθμιση της ποιότητας της εικόνας του ανακτημένου σήματος.

Το κυρίαρχο σχήμα ψηφιακής συμπίεσης σήμερα είναι αυτό που προτάθηκε από την ομάδα MPEG (Motion Picture Experts Group). Η ομάδα MPEG δημιούργησε ένα πρότυπο συμπίεσης για πλήρως κινούμενη εικόνα, το οποίο κάνει χρήση συμπίεσης κάθε πλαισίου ξεχωριστά (frame-to-frame). Έτσι, είναι τελικά δυνατή η μετάδοση πλήρως κινούμενων

εικόνων με όλα τα χρώματα σε χαμηλούς ρυθμούς που φτάνουν το 1.5Mbps. Η συμπίεση γίνεται σε πραγματικό χρόνο, χωρίς την ανάγκη για ψηφιακή επεξεργασία από υπολογιστές.

Το πρότυπο MPEG-2 δημοσιεύτηκε αρχικά το 1994 ενώ το 1995 έγινε διεθνές πρότυπο με την εισήγηση ITU-T Rec H262 (1995E). Σκοπός του είναι να παρέχει ποιότητα βίντεο με απώλειες, που είναι όμως ισάξια ή καλύτερη από την ποιότητα άλλων προτύπων όπως τα NTSC, PAL, SECAM. Με τον όρο λειτουργία “με απώλειες” (lossy), εννοούμε ότι η πληροφορία του σήματος μεταβάλλεται ελαφρώς λόγω της συμπίεσης, έτσι ώστε στο άκρο της λήψης να μην είναι δυνατή η εξ ολοκλήρου ανάκτηση του σήματος που στάλθηκε. Το γεγονός αυτό έχει βέβαια ως αντίκτυπο τη μείωση της ποιότητας της εικόνας, αλλά σε μικρό βαθμό ώστε η ποιότητα αυτή να γίνεται τελικά αποδεκτή από το θεατή.

Η σημαντικότερη συμβολή του προτύπου MPEG-2 δεν είναι η ίδια η συμπίεση, καθώς αυτή καθιερώθηκε από άλλα σχήματα, όπως το JPEG και το MPEG-1. Η σπουδαιότητά του υφίσταται στο ότι αποτελεί έναν ολοκληρωμένο μηχανισμό μεταφοράς για την πολυπλεξία βίντεο, ήχου και δεδομένων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της δημιουργίας πακέτων και της Πολυπλεξίας Διαίρεσης Χρόνου (Time Division Multiplexing, TDM), τεχνικές που υιοθετούνται ευρέως από τα σύγχρονα συστήματα δορυφορικών επικοινωνιών. Μάλιστα, επειδή τα συστήματα μετάδοσης και οι διάφορες εφαρμογές ποικίλλουν, το MPEG-2 παρέχει μια ευρεία γκάμα σχημάτων και υπηρεσιών, ανάλογα με την περίπτωση.

Μετά το MPEG-2 ο διεθνής οργανισμός προτυποποίησης ISO προχώρησε στον ορισμό του προτύπου MPEG-4. Αρχικά το MPEG-4 αναφερόταν μόνο σε κωδικοποίηση χαμηλού ρυθμού μετάδοσης. Το MPEG-4 έρχεται να καλύψει τις νέες απαιτήσεις σε περιβάλλοντα πολυμέσων όπου οπτικοακουστική πληροφορία ανταλλάσσεται σε ψηφιακή μορφή. Το πρότυπο MPEG-4 αφορά τους τρόπους που το οπτικοακουστικό υλικό παράγεται, διανέμεται και καταναλώνεται. Και στα τρία αυτά στάδια υπεισέρχονται συνεχείς βελτιώσεις όσον αφορά στο χρησιμοποιούμενο υλικό (hardware) και λογισμικό (software). Στην παραγωγή οπτικοακουστικής πληροφορίας έχουμε σημαντικές εξελίξεις: ενώ στο παρελθόν ο μόνος τρόπος να παραχθεί τέτοια πληροφορία ήταν με τη χρήση κάμερας και μικροφώνου, σήμερα το μεγαλύτερο μέρος της παράγεται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Ενώ παλιότερα η παραγόμενη οπτική πληροφορία χρησιμοποιούταν σε περιορισμένα πεδία εφαρμογών (π.χ. ταινίες ή επιστημονικά θέματα), σήμερα χρησιμοποιείται στις περισσότερες εμπορικές εφαρμογές.

Το MPEG-4 αναμένεται να είναι το μελλοντικό πρότυπο εφαρμογών πολυμέσων. Για να είναι δυνατή όμως η χρησιμοποίηση και η εκμετάλλευση αυτών των δυνατοτήτων

απαιτούνται εξωτερικοί αλγόριθμοι, που δεν περιλαμβάνονται στο πρότυπο. Για παράδειγμα, ενώ το πρότυπο υποστηρίζει την κωδικοποίηση διαφορετικών αντικειμένων, η εξαγωγή των αντικειμένων αυτών δεν αποτελεί μέρος του προτύπου.

Ο στόχος του είναι η επίτευξη ρυθμών δεδομένων της τάξης των 5 με 64 Kbit/s για κινητές εφαρμογές και μέχρι 4 Mbit/s για τηλεοπτικές εφαρμογές. Η φιλοσοφία του βασίζεται στην ιδέα του τεμαχισμού της οπτικοακουστικής πληροφορίας σε οπτικοακουστικά αντικείμενα (AVOs – Audio Visual Objects) τα οποία μπορούν να πολυπλεχθούν και να μεταδοθούν πάνω από ετερογενή δίκτυα. Παρέχει ένα σύνολο δυνατοτήτων που το κάνει πολύ ελκυστικό για χρήση σε εφαρμογές πολυμέσων.

Στο πρότυπο MPEG-2 επικρατεί μία frame-based λογική που υπαγορεύει ότι η κωδικοποίηση γίνεται με βάση τα οπτικά καρέ (frames) συνοδευόμενα από τον αντίστοιχο ήχο. Αυτό σημαίνει ότι κάθε frame αντιμετωπίζεται ως ολότητα χωρίς να ενδιαφέρει το επιμέρους περιεχόμενό του, δηλαδή τα οπτικά και ακουστικά αντικείμενα, οι οπτικές και ακουστικές οντότητες που περιέχει.

Η προσέγγιση του προτύπου MPEG-4 είναι ριζικά διαφορετική. Για παράδειγμα, σε μία εικόνα που περιέχει έναν άνθρωπο που μιλάει και έναν σκύλο που γαβγίζει, ενδιαφέρουν ο άνθρωπος και ο σκύλος ως οπτικά αντικείμενα συνοδευόμενα το καθένα ξεχωριστά από τον ήχο του δηλαδή από το αντίστοιχο ακουστικό αντικείμενο. Προκύπτουν με αυτόν τον τρόπο τα οπτικοακουστικά αντικείμενα, τα οποία είναι αυτόνομες οντότητες μέσα στο frame. Εφόσον διακριθούν τα οπτικοακουστικά αντικείμενα σε ένα frame, θα κωδικοποιηθούν ξεχωριστά και πιθανότατα μάλιστα με διαφορετικά κριτήρια το καθένα, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Εν συνεχεία τίθεται το θέμα της σύνθεσης των οπτικοακουστικών αντικειμένων ώστε να προκύψει η αρχική εικόνα (frame). Αυτό προϋποθέτει την ύπαρξη επιπρόσθετης πληροφορίας (της πληροφορίας σύνθεσης) που περιγράφει τους χωρικούς συσχετισμούς των αντικειμένων, με βάση την οποία μια ειδική διάταξη (ο συνθέτης) θα ανακατασκευάσει την αρχική εικόνα.

Το Πρόγραμμα Εκπομπής Ψηφιακού Βίντεο (Digital Video Broadcasting, DVB) είναι μια κοινοπραξία ανάμεσα σε περίπου 270 κατασκευαστές, εκπομπούς, διαχειριστές δικτύων, εταιρίες ανάπτυξης λογισμικού, ρυθμιστικούς οργανισμούς και άλλους από συνολικά 35 χώρες. Η κοινοπραξία αυτή είναι καθοδηγούμενη από την αντίστοιχη βιομηχανία και αγορά, και έχει αφοσιωθεί στη σχεδίαση παγκόσμιων προτύπων για τη μετάδοση ψηφιακής τηλεόρασης και υπηρεσιών δεδομένων σε όλη την υφήλιο. Το σύστημα DVB μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία πλήρης τεχνολογία για την εκπομπή τηλεόρασης και δεδομένων που βασίσθηκε στο πρότυπο MPEG-2. Προσφέρει λοιπόν πλήρη υποστήριξη για

κωδικοποιημένο και συμπιεσμένο βίντεο και ήχο, καθώς και κανάλια δεδομένων για μια ποικιλία σχετικών υπηρεσιών πληροφορίας.

2.2.Εισαγωγή στο DVB-S

Για τη μετάδοση ψηφιακής τηλεόρασης και την ευρυεκπομπή μέσω δορυφόρου, έχει επιλεγεί το σύστημα DVB-S. Το DVB-S αναπτύχθηκε στα πλαίσια του DVB και προτυποποιήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (European Telecommunications Standards Institute, ETSI). Είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει υπηρεσίες τηλεοπτικών προγραμμάτων απευθείας-στην-οικία του χρήστη για τις υπηρεσίες BSS (Broadcast Satellite Service) και FSS (Fixed Satellite Service). Απευθύνεται σε ολοκληρωμένους αποκωδικοποιητές δέκτη (Integrated Receiver Decoders, IRDs) για καταναλωτές, καθώς και για συστήματα κεραιών συλλογής (Satellite Master Antenna Television, SMATV) και σταθμούς καλωδιακής τηλεόρασης. Το DVB-S παρέχει μια ποικιλία λύσεων που είναι κατάλληλες για εύρη ζώνης αναμεταδότη μεταξύ 26 και 72 MHz. Σημειώνεται ότι οι καταστάσεις λειτουργίας του συστήματος επεκτάθηκαν ώστε να καλύπτουν επίσης υπηρεσίες διανομής μέσω δορυφόρου, όπως μεταφορά εικόνας και ακουστικού υλικού μεταξύ τηλεοπτικών στούντιο, ή από απομακρυσμένες περιοχές απευθείας στις εγκαταστάσεις του εκπομπού με σκοπό τη Συλλογή Ψηφιακών Δορυφορικών Ειδήσεων (Digital Satellite News Gathering, DSNG).

Απαιτήσεις του συστήματος DVB-S

Οι σημαντικότερες απαιτήσεις τις οποίες καλείται να ικανοποιήσει το DVB-S είναι οι ακόλουθες:

- Δυνατότητα επιλογής της ποιότητας της εικόνας και του ήχου με ελαστικό τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της εκάστοτε υπηρεσίας ή χρήστη
- Πολυπλεξία Διάρθρωσης Χρόνου με ένα απλά διαμορφωμένο ψηφιακό φέρον, κάτι που επιτρέπει τη μετάδοση πολλαπλών καναλιών ανά φέρον (Multiple Channels Per Carrier, MCPC)
- Βέλτιστη εκμετάλλευση του διαθέσιμου εύρους ζώνης αναμεταδότη
- Ευέλικτη χρήση της χωρητικότητας μετάδοσης
- Λειτουργία με μικρές κεραιές λήψης (π.χ. 60cm)
- Ισοτροπικά Εκπεμπόμενη Ισοδύναμη Ισχύ (Equivalent Isotropically Radiated Power, EIRP) από το δορυφόρο κοντά στα 51dBW
- Ψηφιακός δέκτης (Integrated Receiver Decoder, IRD) σε προσιτή τιμή

Συνθήκες μετάδοσης στο δορυφορικό κανάλι και βελτιστοποίηση μετάδοσης

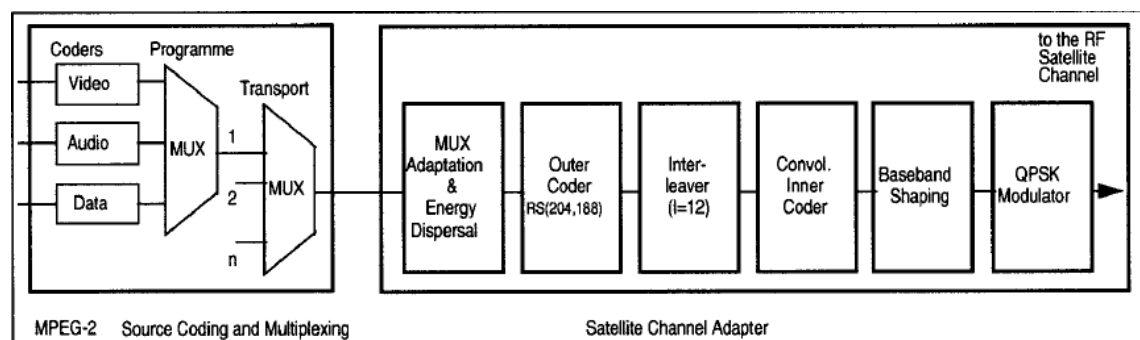
Το κύριο χαρακτηριστικό ενός συστήματος μετάδοσης DVB είναι η αποδοτική λειτουργία του σε δορυφορικά κανάλια που επηρεάζονται από θόρυβο, παρεμβολές, παραμορφώσεις, αλλά και έντονη απόσβεση κατά τη διάδοση, κυρίως λόγω βροχής. Το δορυφορικό κανάλι, σε αντίθεση με την επίγεια εκπομπή και τα ενσύρματα κανάλια, είναι βασικά μη γραμμικό, ευρείας ζώνης και περιορισμένης ισχύος. Η μη γραμμικότητα οφείλεται στα χαρακτηριστικά πλάτους και φάσης του ενισχυτή του δορυφόρου (Traveling Wave Tube Amplifier, TWTA), γεγονός που έχει αντίκτυπο στη συνολική επίδοση του συστήματος. Ο on-board ενισχυτής λειτουργεί συχνά κοντά στον κορεσμό, δηλαδή με χαμηλό περιθώριο ισχύος εξόδου. Σκοπός είναι η μεγιστοποίηση της απόδοσης ισχύος του συστήματος, ενώ το τίμημα για αυτό είναι κυρίως η παραμόρφωση που υφίστανται οι κυματομορφές των σημάτων.

2.2.1. Αρχιτεκτονική μετάδοσης

Το σύστημα DVB-S ακολουθεί μια διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική μετάδοσης, η οποία παρουσιάζεται στην Εικόνα 3. Στο πρώτο βασικό επίπεδο πραγματοποιείται κωδικοποίηση πηγής (source coding) και πολυπλεξία (multiplexing) μέσω του πρωτοκόλλου MPEG-2. Στο δεύτερο επίπεδο γίνεται η προετοιμασία και η προσαρμογή του πολυπλεγμένου σήματος προκειμένου για μετάδοση μέσω του δορυφορικού καναλιού. Η σωστή σχεδίαση του “προσαρμογέα καναλιού” (channel adapter) διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο για την αποδοτική και αξιόπιστη μετάδοση ψηφιακών τηλεοπτικών σημάτων. Με βάση τη συγκεκριμένη αρχιτεκτονική μετάδοσης επιτυγχάνεται από το σύστημα σημαντικός βαθμός ευελιξίας, η οποία επιτρέπει την ανταλλαγή μεταξύ φασματικής απόδοσης και απόδοσης ισχύος. Η φασματική απόδοση αφορά τη δυνατότητα μετάδοσης υψηλού ρυθμού χρήσιμων bit, ενώ η απόδοση ισχύος αφορά τη δυνατότητα λειτουργίας με χαμηλό απαιτούμενο σηματοθορυβικό λόγο. Η επιλογή ανάμεσα στις δύο γίνεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του δορυφόρου, τις απαιτήσεις της εκάστοτε υπηρεσίας, καθώς και τις συνθήκες μετάδοσης.

Πρώτο βήμα της διαδικασίας μετάδοσης είναι η πλαισίωση, η οποία είναι βασισμένη στο πρότυπο MPEG. Έτσι, κωδικοποιητές τριών διαφορετικών ειδών τροφοδοτούν τους πολυπλέκτες με ροές βίντεο, ήχου και δεδομένων. Οι πολυπλεγμένες ροές ψηφίων τοποθετούνται σε πακέτα ωφέλιμου φορτίου (payload) σταθερού μεγέθους. Ακολουθεί τυχαιοποίηση του περιεχομένου του πακέτου, ώστε να επιτευχθεί διασπορά της ενέργειας του σήματος. Στα πλαίσια της προστασίας από σφάλματα, τα ψηφία υφίστανται κωδικοποίηση από έναν εξωτερικό κώδικα, με τον Reed-Solomon (RS) να είναι ο πιο

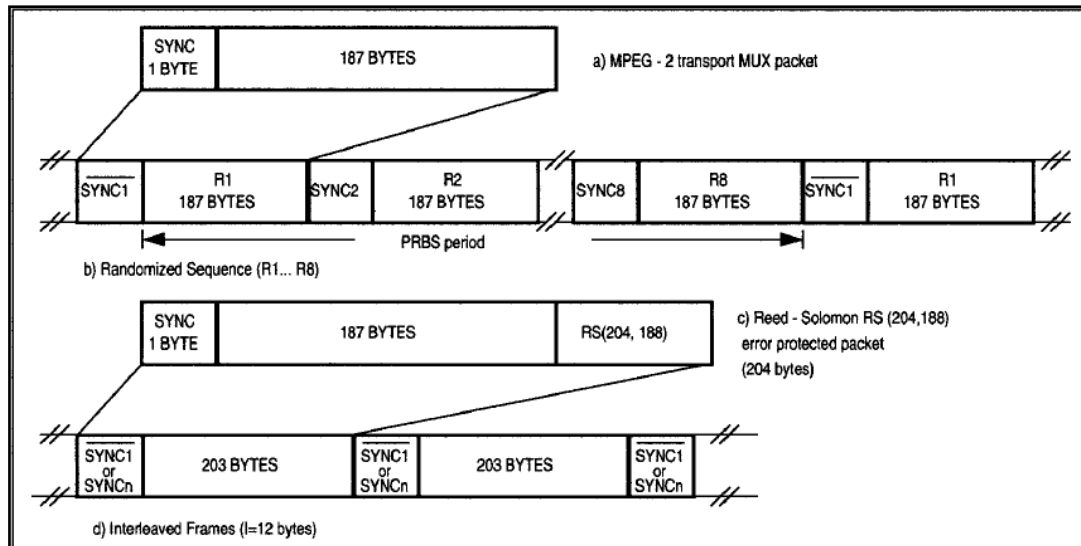
συνηθισμένους. Στη συνέχεια εφαρμόζεται μια διαδικασία που ονομάζεται διαδικασία παρεμβολής (interleaving process). Σε αυτή, τα ψηφία αναδιατάσσονται με συγκεκριμένο τρόπο, ώστε να μειωθεί η επίδραση των μπλοκ σφαλμάτων στη δορυφορική ζεύξη. Κατόπιν τα ψηφία διέρχονται από ένα συνελικτικό (convolutional) εσωτερικό κώδικα, στον οποίο ο ρυθμός κωδικοποίησης μπορεί να μεταβάλλεται ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της κάθε υπηρεσίας. Το τελευταίο στάδιο αφορά το φυσικό επίπεδο, όπου γίνεται ψηφιακή διαμόρφωση ενός φέροντος από την ακολουθία των ψηφίων, με το σχήμα QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) να προτιμάται.



Εικόνα 3. Το σύστημα DVB για δορυφορική ψηφιακή τηλεόραση.

Δομή του πλαισίου DVB-S

Η δομή του πλαισίου του DVB-S όπως αυτή παρουσιάζεται στην παρακάτω Εικόνα 4, βασίζεται στη πολυπλεξία MPEG-2. Η πολυπλεξία επιτρέπει τη συγχώνευση ενός μεγάλου αριθμού υπηρεσιών βίντεο, ήχου και δεδομένων σε ένα απλό ρεύμα μεταφοράς. Τα πακέτα μεταφοράς έχουν σταθερό μέγεθος ίσο με 188 bytes, στο οποίο περιλαμβάνεται 1 byte συγχρονισμού (sync), 3 bytes επικεφαλίδας που περιέχουν τα Αναγνωριστικά Πακέτου (Packet Identifiers, PID) και 184 χρήσιμα bytes. Στις επικεφαλίδες των πακέτων δεν έχει συμπεριληφθεί κάποιο πεδίο για προστασία από σφάλματα. Επομένως απαιτείται ένα ανθεκτικό “στρώμα προσαρμογής καναλιού” (channel adaptation layer), ικανό να παρέχει στον αποπολυπλέκτη ένα ρεύμα δεδομένων χωρίς σφάλματα.



Εικόνα 4. Δομή πολυπλεξίας και μετάδοσης.

Τυχαιοποίηση των ψηφίων

Στην έξοδο του MPEG-2 πολυπλέκτη και πριν τη μετάδοσή τους τα δεδομένα τυχαιοποιούνται ψηφίο προς ψηφίο. Η τυχαιοποίηση υλοποιείται μέσω κατάλληλης συσκευής (scrambler ή randomizer), η οποία αντιστρέφει τα ψηφία με βάση κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο. Η Ψευδοτυχαία Δυαδική Ακολουθία (Pseudo-Random Binary Sequence, PRBS) που προκύπτει, συγχρονίζεται με βάση ένα πλαίσιο από οκτώ MPEG-2 πακέτα (βλ. Σχήμα 4.β). Τα όρια της ακολουθίας αυτής καθορίζονται από δυο ανεστραμμένα bytes συγχρονισμού (SYNC1). Το τελικό αποτέλεσμα είναι η ανεξαρτητοποίηση του φάσματος από τα μεταδιδόμενα δεδομένα. Η αντίστροφη διαδικασία στην πλευρά του δέκτη επαναφέρει τα ψηφία στην αρχική τους μορφή. Η διαδικασία αυτή, που οδηγεί σε διασπορά της ενέργειας του σήματος, πραγματοποιείται στα πλαίσια της συμμόρφωσης με τους κανονισμούς ραδιοσυχνοτήτων για την κατάληψη του φάσματος. Επίσης, διευκολύνει την αποκατάσταση του χρονισμού στο δέκτη, οπότε ο τελευταίος είναι σε θέση να αναπαράγει ευκολότερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία τα δεδομένα της πηγής.

2.2.2. Κωδικοποίηση

Τα τυχαιοποιημένα πακέτα που προκύπτουν από το προηγούμενο στάδιο κωδικοποιούνται από μια μειωμένη (shortened) εκδοχή του Reed-Solomon κώδικα, την RS(204,188). Ο κώδικας αυτός προσθέτει 16 πλεονάζοντα (redundancy) bytes στα αρχικά 188 bytes, επομένως κάθε κωδικοποιημένο πακέτο αποτελείται πλέον από 204 bytes συνολικά

(βλ. Σχήμα 4.c). Η διορθωτική ικανότητα του συγκεκριμένου κώδικα είναι $T=8$ bytes. Όμως, όπως έχει σημειωθεί, τα σφάλματα στην έξοδο του αποκωδικοποιητή δεν είναι στατιστικά ανεξάρτητα. Αντίθετα, εμφανίζονται σε ομάδες (bursts) υπερβαίνοντας τη διορθωτική ικανότητα του RS κώδικα, οδηγώντας έτσι σε μη διορθώσιμα ή και μη ανιχνεύσιμα σφάλματα. Για να βελτιωθεί λοιπόν η ικανότητα διόρθωσης σφαλμάτων σε ομάδες του RS κώδικα, εφαρμόζεται συνελικτική παρεμβολή (convolutional interleaving). Η παρεμβολή είναι μια διαδικασία που περιορίζει τις συνέπειες των σφαλμάτων που παρουσιάζονται στο κανάλι ραδιοσυχνοτήτων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση έχει βάθος $l=12$ bytes (βλ. Σχήμα 4.d). Υλοποιείται με τη χρήση 12 παράλληλων στοιχείων μνήμης (καταχωρητές, registers) με διαφορετικά μήκη, τα οποία εισάγουν σταθερή καθυστέρηση. Το πλαίσιο που προκύπτει από τη διαδικασία της παρεμβολής αποτελείται από κωδικοποιημένα πακέτα, τα οποία επικαλύπτονται μεταξύ τους. Η οριοθέτηση γίνεται με bytes συγχρονισμού MPEG-2, ενώ η περιοδικότητα των 204 bytes διατηρείται. Τέλος, ο RS κώδικας συνδέεται με κάποιον άλλο συνελικτικό εσωτερικό κώδικα. Στην πλευρά του δέκτη πραγματοποιείται η αντίστροφη διαδικασία. Ο συνελικτικός κώδικας έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζεται ευέλικτα σε διαφορετικούς ρυθμούς κωδικοποίησης ($1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$), επιτρέποντας έτσι τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος για δεδομένο εύρος ζώνης δορυφορικού αναμεταδότη, αλλά και την ικανοποίηση διαφορετικών απαιτήσεων ανάλογα με την παρεχόμενη υπηρεσία.

2.2.3. Διαμόρφωση

Το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας πριν την εκπομπή του σήματος στο δορυφορικό κανάλι λαμβάνει χώρα στο φυσικό επίπεδο και αφορά την ψηφιακή διαμόρφωση του κωδικοποιημένου σήματος. Οι διαμορφώσεις χαμηλής τάξης, π.χ. QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), και 8PSK (8 Phase Shift Keying), διαθέτουν σχεδόν σταθερή περιβάλλουσα. Επομένως δεν επηρεάζονται εύκολα από πιθανές μη γραμμικότητες κατά τη μετάδοση. Για το λόγο αυτό θεωρούνται κατάλληλες για λειτουργία του (μη γραμμικού) δορυφορικού ενισχυτή κοντά στον κόρο. Από την άλλη μεριά, τα σχήματα υψηλότερης τάξης, π.χ. 16QAM, (16 Quadrature Amplitude Modulation) προσφέρουν το πλεονέκτημα της καλύτερης φασματικής απόδοσης και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές πολλαπλών φερόντων. Η χρήση τους όμως απαιτεί τη λειτουργία σε σχεδόν γραμμικά δορυφορικά κανάλια, ενώ ο δορυφορικός ενισχυτής θα πρέπει να λειτουργεί με μεγάλο περιθώριο ισχύος εξόδου.

2.2.4. Απόδοση του συστήματος DVB-S

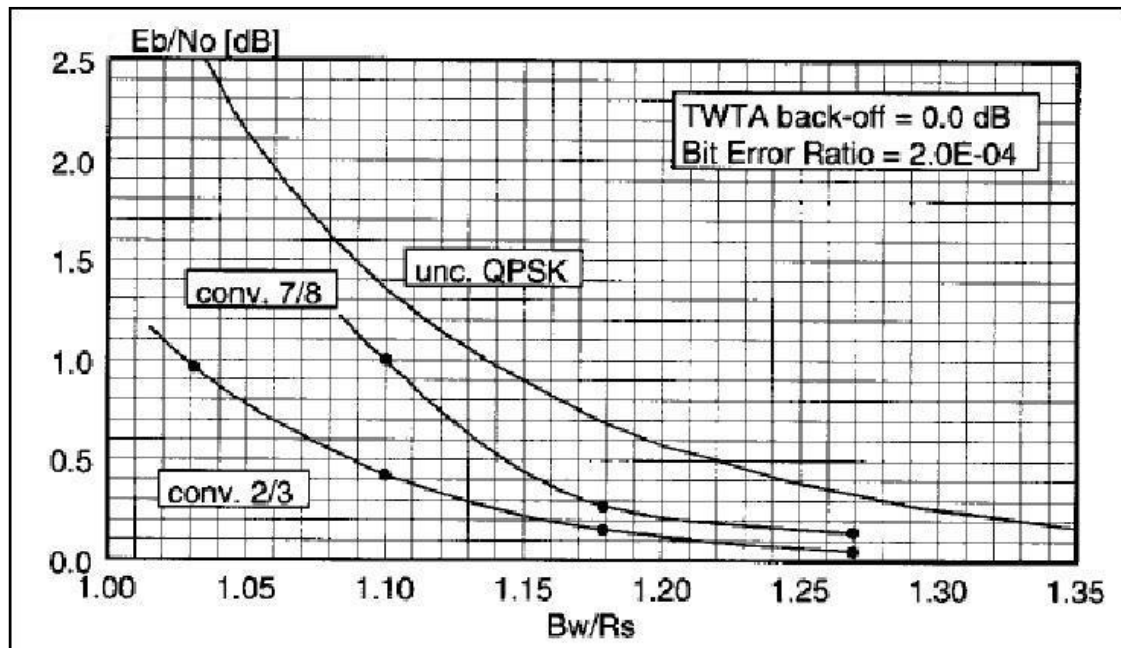
Η συσχέτιση του ρυθμού μετάδοσης που επιτυγχάνεται και του απαιτούμενου εύρους ζώνης γίνεται με τη βοήθεια της έννοιας της φασματικής απόδοσης. Η φασματική απόδοση ορίζεται από το λόγο BW/R_s , όπου BW είναι το εύρος ζώνης 3dB του αναμεταδότη και R_s ο ρυθμός μετάδοσης των συμβόλων. Μείωση του λόγου BW/R_s σημαίνει ότι ο ρυθμός συμβόλων αυξάνει και συνεπώς αυξάνει η χωρητικότητα που είναι διαθέσιμη για τη μετάδοση προγραμμάτων. Υπάρχει ένα κατώτατο όριο για την τιμή του BW/R_s , το οποίο επιβάλλεται από τη μέγιστη αποδεκτή παραμόρφωση που εισάγεται λόγω των δορυφορικών φίλτρων. Η συγκεκριμένη παραμόρφωση είναι προϊόν της διασυμβολικής παρεμβολής (Inter Symbol Interference, ISI) και παρατηρείται όταν συμβαίνει επικάλυψη διαδοχικών συμβόλων, καθιστώντας την αναγνώρισή τους από το δέκτη δύσκολη ή και αδύνατη.

Λόγω της χρήσης κωδικοποίησης στο DVB-S πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ του συνολικού ρυθμού μετάδοσης συμβόλων R_s και του ρυθμού μετάδοσης χρήσιμων συμβόλων R_u . Η πηγή πληροφορίας παρέχει k ψηφία πληροφορίας, ενώ ο κωδικοποιητής προσθέτει $(n-k)$ πλεονάζοντα ψηφία, έτσι ώστε η προς μετάδοση κωδικοποιημένη λέξη να περιλαμβάνει n ψηφία. Οι δυο ρυθμοί συνδέονται μεταξύ τους σύμφωνα με τη σχέση $R_s=R_u \cdot (n/k)$. Το R_s αντιστοιχεί στο εύρος ζώνης 3dB του σήματος μετά την κωδικοποίηση και τη διαμόρφωση, ενώ η ποσότητα $R_s \cdot (1+\alpha)$ αντιστοιχεί στο συνολικό εύρος ζώνης του σήματος μετά το διαμορφωτή. Ο συντελεστής α ονομάζεται συντελεστής roll-off της διαμόρφωσης και αποτελεί μέτρο της διεύρυνσης του φάσματος του σήματος.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων μετάδοσης υιοθετούνται λόγοι BW/R_s ίσοι με την ποσότητα $\eta=1+\alpha$ (προκειμένου για διαμόρφωση QPSK). Όσο στενότερος είναι ο συντελεστής roll-off, δηλαδή όσο μικρότερη είναι η τιμή του α , τόσο υψηλότεροι ρυθμοί μπορούν να επιτευχθούν. Η υιοθέτηση χαμηλών τιμών $1+\alpha$ (π.χ. $BW/R_s=1.25$ που συνδέεται με $\alpha=0.25$) γίνεται με στόχο την καλύτερη εκμετάλλευση του φάσματος, επιτρέποντας μικρή επικάλυψη των διαμορφωμένων σημάτων στο πεδίο της συχνότητας.

Στην Εικόνα 5 παρουσιάζονται παραδείγματα της επιπρόσθετης τιμής του λόγου E_b/N_0 που απαιτείται για τη μείωση της ποσότητας BW/R_s . Η αύξηση στο λόγο E_b/N_0 οφείλεται στον περιορισμένο εύρος ζώνης του αναμεταδότη. Τα αποτελέσματα έχουν προκύψει από προσομοιώσεις σε υπολογιστή και αφορούν ποσοστό εσφαλμένων ψηφίων Bit Error Rate, $BER = 2 \cdot 10^{-4}$. Σημειώνεται ότι το ποσοστό $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ (το οποίο μετράται μετά την αποκωδικοποίηση) αποτελεί τη στάθμη αναφοράς στα συστήματα DVB. Στο διάγραμμα

πραγματοποιείται σύγκριση των περιπτώσεων με εσωτερική κωδικοποίηση 2/3 και 7/8 σε σχέση με την περίπτωση που χρησιμοποιείται QPSK χωρίς κωδικοποίηση.



Εικόνα 5. Υποβάθμιση E_b/N_0 εξαιτίας των περιορισμών στο εύρος ζώνης του αναμεταδότη (BW).

Στον Πίνακα 2 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι απαιτήσεις απόδοσης του συστήματος ως προς το λόγο E_b/N_0 ώστε να επιτυγχάνεται ποσοστό $BER = 2 \cdot 10^{-4}$. Εξετάζονται διάφοροι συνδυασμοί σχήματος διαμόρφωσης και ρυθμού εσωτερικής κωδικοποίησης. Οι τιμές του E_b/N_0 αναφέρονται στο ρυθμό χρήσιμων ψηφίων R_u πριν την κωδικοποίηση R_S . Η διαμόρφωση 8PSK 8/9, λόγω της σταθερής της περιβάλλουσας, είναι κατάλληλη για δορυφορικούς αναμεταδότες κοντά στον κορεσμό, ενώ η 16QAM 3/4 προσφέρει καλύτερη φασματική απόδοση όταν ο αναμεταδότης λειτουργεί στη γραμμική περιοχή σε διατάξεις FDMA.

Σύστημα	Διαμόρφωση	Ρυθμός εσωτερικής κωδικοποίησης	Φασματική απόδοση (ψηφία/σύμβολο)	Απαιτούμενος E_b/N_0 (dB) για $BER = 2 \cdot 10^{-4}$
DVB-S και DVB-DSNG	QPSK	1/2	0.92	4.5
		2/3	1.23	5.0
		3/4	1.38	5.5
		5/6	1.53	6.0

		7/8	1.61	6.4
DVB-DSNG (προαιρετικά)	8PSK	2/3	1.84	6.9
		5/6	2.30	8.9
		8/9	2.46	9.4
DVB-DSNG (προαιρετικά)	16QAM	$\frac{3}{4}$	2.76	9.0
		7/8	3.22	10.7

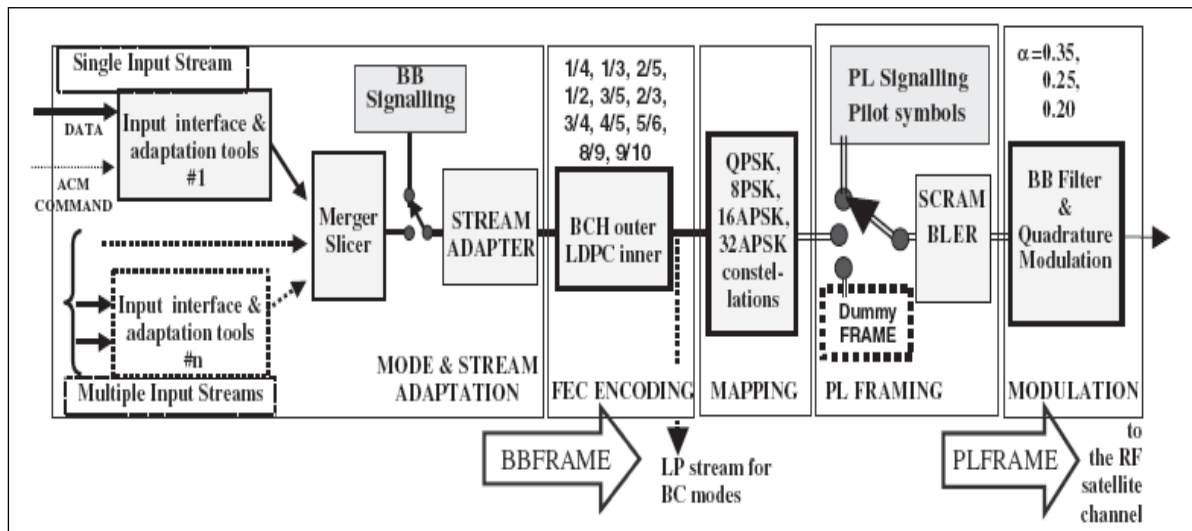
Πίνακας 2. Απόδοση δορυφορικού DVB συστήματος για διαφορετικές λειτουργίες.

2.3.Εισαγωγή στο DVB-S2

Το DVB-S2 αποτελεί εξέλιξη του προτύπου DVB-S της προηγούμενης ενότητας, το οποίο χρησιμοποιείται σήμερα από τους περισσότερους δορυφορικούς παρόχους υπηρεσιών σε παγκόσμια κλίμακα. Κάτω από τις ίδιες συνθήκες μετάδοσης το DVB-S2 επιτυγχάνει αύξηση της χωρητικότητας μετάδοσης έως και τριάντα τοις εκατό σε σχέση με το DVB-S. Η σχεδίασή του είναι τέτοια που επιτρέπει την εξυπηρέτηση πολλαπλών ευρυζωνικών δορυφορικών εφαρμογών: Εφαρμογές τηλεόρασης Κανονικής και Υψηλής Ευκρίνειας (SDTV, HDTV), αλληλεπιδραστικές υπηρεσίες για καταναλωτικές εφαρμογές, όπως η πρόσβαση στο διαδίκτυο, επαγγελματικές εφαρμογές, όπως η Ψηφιακή Τηλεόραση και η Συλλογή Ειδήσεων (DSNG), η διανομή τηλεοπτικού σήματος σε επίγειους πομπούς και η διανομή ψηφιακών δεδομένων. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι προσφέρει συμβατότητα με την προηγούμενη έκδοση του προτύπου, επιτρέποντας στις υπάρχουσες υπηρεσίες DVB-S και τα αντίστοιχα τερματικά STB να συνεχίζουν να λειτουργούν απρόσκοπτα.

Επιπλέον, δεν περιορίζεται σε κωδικοποίηση βίντεο και ήχου MPEG-2, αλλά είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να χειρίζεται μια ποικιλία πρωτοκόλλων ήχου, βίντεο και δεδομένων. Ανάμεσα σε αυτά συμπεριλαμβάνονται και σχήματα που βρίσκονται σε στάδιο προτυποποίησης για μελλοντικές εφαρμογές DVB. Το DVB-S2 προσαρμόζεται σε οποιοδήποτε τύπο ροής εισόδου δεδομένων, όπως είναι η συνεχής ροή bit, απλά ή πολλαπλά Ρεύματα Μεταφοράς MPEG (Transport Streams, TS), πακέτα IP, καθώς και πακέτα του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode, ATM).

2.3.1. Αρχιτεκτονική μετάδοσης



Εικόνα 6. Λειτουργικό μπλοκ διάγραμμα του συστήματος DVB-S2.

Το σύστημα DVB-S2 ακολουθεί μια διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική μετάδοσης, η οποία μπορεί να αναλυθεί σε μια ακολουθία λειτουργικών μπλοκ (Εικόνα 6). Το πρώτο στη σειρά μπλοκ, το οποίο προσδιορίζεται ως Προσαρμογή Ροής Εισόδου (Mode And Stream Adaptation), εξαρτάται από την εξυπηρετούμενη εφαρμογή και αποτελεί τη διεπαφή προς κάθε ρεύμα εισόδου. Οι ακολουθίες εισόδου μπορεί να είναι απλά ή πολλαπλά ρεύματα μεταφοράς, με χρήση πακέτων ή σε συνεχή ροή. Παράλληλα, το μπλοκ Προσαρμογής Ροής Εισόδου διαθέτει διάφορα προαιρετικά εργαλεία για τη λειτουργία της Προσαρμοστικής Κωδικοποίησης και Διαμόρφωσης (Adaptive Coding and Modulation, ACM). Επιπλέον, στην περίπτωση πολλαπλών εισόδων, παρέχει συγχώνευση (merging) όλων των ρευμάτων εισόδου σε ένα απλό μεταδιδόμενο σήμα, και στη συνέχεια τεμαχισμό (slicing) αυτού σε μπλοκ κωδικοποιημένα κατά FEC. Τα τελευταία αποτελούνται από ψηφία που έχουν συγκεντρωθεί από μια θύρα εισόδου, προκειμένου να μεταδοθούν με κοινό τρόπο όσον αφορά την κωδικοποίηση FEC και τη διαμόρφωση. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα πλαίσιο βασικής ζώνης (Base Band Frame, BBFRAME).

Ακολουθεί η διαδικασία της κωδικοποίησης FEC (Forward Error Correction), η οποία πραγματοποιείται διαδοχικά από τον εξωτερικό κωδικοποιητή BCH (Bose-Chaundhuri-Hocquenghem) κώδικα και τον εσωτερικό κωδικοποιητή LDPC (Low Density Parity Check) κώδικα. Ο κώδικας BCH είναι ένας κυκλικός κώδικας πολλαπλών επιπέδων και μεταβλητού μήκους, ενώ οι κώδικες LDPC χρησιμοποιούν αραιούς πίνακες ελέγχου ισοτιμίας. Ανάλογα με την εφαρμογή, τα κωδικοποιημένα μπλοκ κατά FEC (πλαίσια FEC) έχουν μήκος 64800 ή 16200 bits. Όταν χρησιμοποιείται Προσαρμοστική Κωδικοποίηση και Διαμόρφωση

(Adaptive Coding Modulation, ACM) ή Μεταβλητή Κωδικοποίηση και Διαμόρφωση (Variable Coding and Modulation, VCM), οι λειτουργίες κωδικοποίησης και διαμόρφωσης είναι σταθερές για ένα συγκεκριμένο πλαίσιο, αλλά μπορεί να μεταβάλλονται σε διαφορετικά πλαίσια. Επόμενο βήμα είναι η επιλογή της κατάλληλης διαμόρφωσης με εισαγωγή των ψηφίων στις φάσεις του αστερισμού, ανάλογα με την εφαρμογή. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται από το σχηματισμό του πλαισίου φυσικού στρώματος (Physical Layer, PL). Μέσω αυτής παρέχεται η εισαγωγή επικεφαλίδας PL και προαιρετικών πιλοτικών συμβόλων PL (με απώλεια χωρητικότητας 2.4%), ενώ τα ψηφία τίθενται σε τυχαία σειρά (scrambling) για διασπορά ενέργειας. Όταν δεν υπάρχουν δεδομένα προς μετάδοση, εφαρμόζεται προαιρετικά η εισαγωγή πλαισίων PL χωρίς πληροφορία (dummy). Τελευταίο στάδιο πριν τη μετάδοση του σήματος στο δορυφορικό κανάλι είναι το φιλτράρισμα βασικής ζώνης και η ορθογώνια (quadrature) διαμόρφωση. Αυτές παράγουν το τελικό σήμα ραδιοσυχνοτήτων που εκπέμπεται. Στις επόμενες παραγράφους αναλύονται περαιτέρω οι σημαντικότερες από τις λειτουργίες που επιτελούνται κατά τη μετάδοση σήματος σε DVB-S2 σύστημα.

2.3.2. Κωδικοποίηση

Αναφορικά με τη χρήση κωδικοποίησης για τη διόρθωση σφαλμάτων, υιοθετείται η τεχνική FEC. Η τεχνική αυτή επιτρέπει την αποκωδικοποίηση στο δέκτη χωρίς να είναι απαραίτητη οποιαδήποτε πληροφορία από τον πομπό. Ως αποτέλεσμα μιας σειράς εργαστηριακών εξομοιώσεων για την εύρεση του πλέουν αποδοτικού κώδικα, επιλέχθηκε τελικά μια οικογένεια από απλούς μπλοκ κώδικες με πολύ περιορισμένη αλγεβρική δομή. Οι κώδικες αυτοί είναι οι κώδικες Ελέγχου Ισοτιμίας Χαμηλής Πυκνότητας (Low Density Parity Check, LDPC). Οι LDPC κώδικες χρησιμοποιούν αναδρομικές τεχνικές αποκωδικοποίησης και τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι:

- το πολύ μεγάλο μήκος των μπλοκ (64800 bits για το κανονικό πλαίσιο και 16200 bits για το μικρότερο πλαίσιο)
- ο τεράστιος αριθμός επαναλήψεων για την αποκωδικοποίηση (περίπου 50), με τη δομή του κώδικα να παρουσιάζει αρκετές περιοδικότητες, οι οποίες ευνοούν την υλοποίηση ενός παράλληλου αποκωδικοποιητή
- η παρουσία ενός συνδεδεμένου εξωτερικού κώδικα BCH (χωρίς παρεμβολή ψηφίων), ο οποίος χρησιμοποιήθηκε από τους σχεδιαστές ως μια χαμηλού κόστους

λύση απέναντι σε σφάλματα που παρατηρούνται σε υψηλούς Carrier to Noise Ratio (CNR) λόγους

Στο DVB-S2 είναι δυνατή η χρήση δυο ειδών μπλοκ με μήκος 64800 ή 16200 bits. Η επιλογή αυτή υπαγορεύτηκε από δυο αντικρουόμενες ανάγκες. Τα μπλοκ μεγάλου μήκους βελτιώνουν το σηματοθορυβικό λόγο που επιτυγχάνεται, αλλά ταυτόχρονα αυξάνουν τη καθυστέρηση της διαδικασίας διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης από άκρο σε άκρο. Επομένως, για εφαρμογές όπου η καθυστέρηση δεν είναι ιδιαίτερα κρίσιμη, όπως για παράδειγμα η ευρυεκπομπή, ενδείκνυται η χρήση μεγάλων πλαισίων. Αντίθετα, για αλληλεπιδραστικές εφαρμογές, όπου οι καθυστερήσεις πρέπει να διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα, τα μικρά πλαίσια είναι πιο αποδοτικά.

Η εγγενής ευελιξία του DVB-S2 επιτρέπει την ικανοποίηση μιας μεγάλης ποικιλίας απαιτήσεων. Ανάλογα λοιπόν με την επιλεγμένη διαμόρφωση και τις απαιτήσεις του συστήματος, μπορούν να επιλεγούν ρυθμοί κωδικοποίησης ίσοι με $1/2, 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9$ και $9/10$. Οι χαμηλοί ρυθμοί κωδικοποίησης, δηλαδή $1/2, 1/4, 1/3$ και $2/5$, έχουν εισαχθεί ώστε να επιτρέπουν τη λειτουργία του συστήματος κάτω από εξαιρετικά άσχημες συνθήκες ζεύξης. Έτσι, σε συνδυασμό με τη χρήση QPSK διαμόρφωσης, το σύστημα είναι σε θέση να λειτουργεί κανονικά, ακόμη και όταν η στάθμη του σήματος είναι κάτω από τη στάθμη του θορύβου. Χωρίς τη χρήση κωδικοποίησης, η πτώση της στάθμης του σήματος κάτω από τη στάθμη του θορύβου θα καθιστούσε αδύνατη τη λήψη σωστής απόφασης για τα ψηφία πληροφορίας στο δέκτη και θα οδηγούσε σε διακοπή της λειτουργίας του συστήματος.

2.3.3. Διαμόρφωση

Για τη μετάδοση των ψηφίων πληροφορίας μέσω του δορυφορικού καναλιού υπάρχει η δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε τέσσερις τύπους διαμόρφωσης. Οι διαμορφώσεις QPSK και 8PSK διαθέτουν σταθερή περιβάλλουσα, επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μη γραμμικούς δορυφορικούς αναμεταδότες που λειτουργούν κοντά στον κορεσμό. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται συνήθως σε εφαρμογές ευρυεκπομπής, επιτυγχάνοντας υψηλή απόδοση ισχύος. Από την άλλη, οι διαμορφώσεις 16APSK και 32APSK, είναι ευαίσθητες σε πιθανές μη γραμμικότητες. Έτσι, απαιτούν ένα υψηλότερο επίπεδο Carrier to Noise Ratio, CNR, καθώς και την ελαχιστοποίηση της μη γραμμικότητας του αναμεταδότη.

2.3.4. Δομή του πλαισίου στο DVB-S2

Για το σύστημα DVB-S2 η διαδικασία της πλαισίωσης υλοποιείται σε δυο διαφορετικά επίπεδα. Το πρώτο εδρεύει στο φυσικό επίπεδο, μεταφέροντας λίγα bits σηματοδοσίας στα οποία παρέχεται υψηλή ασφάλεια. Το δεύτερο περιλαμβάνεται στο επίπεδο της βασικής ζώνης, μεταφέροντας μια ποικιλία από bits σηματοδοσίας, κάτι που επιτρέπει τη μέγιστη ευελιξία κατά την προσαρμογή του σήματος εισόδου.

Πλαισίωση φυσικού στρώματος

Κατά τη διαδικασία της αποδιαμόρφωσης και της αποκωδικοποίησης FEC, ο δέκτης πρέπει να συγχρονίζεται και να ανιχνεύει τις παραμέτρους της διαμόρφωσης και της κωδικοποίησης που χρησιμοποιήθηκαν από τον πομπό. Αυτός είναι ο σημαντικότερος σκοπός της πλαισίωσης φυσικού επιπέδου, μέσω της οποίας παρέχεται συγχρονισμός και σηματοδοσία στο φυσικό επίπεδο. Ο συγχρονισμός του δέκτη επιτυγχάνεται με την ανάκτηση του φέροντος και της φάσης, καθώς και με συγχρονισμό των πλαισίων. Μέσα σε ένα πλαίσιο η διαμόρφωση και το σχήμα της κωδικοποίησης είναι ομογενή, αλλά είναι δυνατόν να μεταβάλλονται σε διαδοχικά πλαίσια όταν χρησιμοποιείται Μεταβλητή Κωδικοποίηση και Διαμόρφωση (Variable Coding and Modulation, VCM). Σημειώνεται ότι η δομή πλαισίωσης φυσικού επιπέδου είναι ανεξάρτητη της εφαρμογής.

Κάθε πλαίσιο PL αποτελείται από:

- ένα ωφέλιμο φορτίο των 64800 bits (κανονικό πλαίσιο FEC) ή 16200 bits (σύντομο πλαίσιο FEC), το οποίο παράγεται από την κωδικοποίηση των bits του χρήστη σύμφωνα με το επιλεγμένο σχήμα FEC, επομένως το ωφέλιμο φορτίο αντιστοιχεί σε ένα μπλοκ του συνδυασμένου κώδικα LDPC/BCH
- μια Επικεφαλίδα PL, η οποία περιέχει πληροφορία συγχρονισμού και σηματοδοσίας, δηλαδή τον τύπο της διαμόρφωσης, το ρυθμό κωδικοποίησης, το μήκος πλαισίου και την παρουσία ή απουσία κάποιων πιλοτικών συμβόλων, τα οποία συχνά χρησιμοποιούνται για διευκόλυνση του συγχρονισμού

Η Επικεφαλίδα PL στο DVB-S2 αποτελείται από 90 σύμβολα και το ωφέλιμο φορτίο αποτελείται από ένα ακέραιο πολλαπλάσιο των 90 συμβόλων (εξαιρώντας τα πιλοτικά σύμβολα). Σημειώνεται ότι η επικεφαλίδα PL αποκωδικοποιείται πρώτη από το δέκτη. Για το λόγο αυτό, δεν προστατεύεται από το ισχυρό σχήμα κωδικοποίησης LDPC/BCH. Εξαιτίας όμως της σπουδαιότητάς της, η επικεφαλίδα πρέπει να αποκωδικοποιείται ορθά ακόμη και κάτω από τις χειρότερες δυνατές συνθήκες της ζεύξης. Επομένως, οι σχεδιαστές επέλεξαν για αυτή ένα πολύ χαμηλό ρυθμό κωδικοποίησης (7/64), κατάλληλο για αποκωδικοποίηση

μέσω ενός συσχετιστή. Ταυτόχρονα, ελαχιστοποιήθηκε ο αριθμός των bit σηματοδοσίας, ώστε να μειωθεί η πολυπλοκότητα της αποκωδικοποίησης και η απώλεια αποδοτικότητας.

Πλαισίωση στρώματος βασικής ζώνης

Το δεύτερο επίπεδο δομής πλαισίωσης, αυτό της βασικής ζώνης, επιτρέπει μια πιο ολοκληρωμένη λειτουργικότητα σηματοδοσίας, ώστε να ρυθμιστεί ο δέκτης σύμφωνα με τις διάφορες εφαρμογές, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν:

- απλά ή πολλαπλά ρεύματα εισόδου
- ρεύματα γενικής χρήσης ή ρεύματα μεταφοράς
- Σταθερή Κωδικοποίηση και Διαμόρφωση (Constant Coding and Modulation, CCM) ή Προσαρμοστική Κωδικοποίηση και Διαμόρφωση (ACM)

Η επικεφαλίδα βασικής ζώνης έχει μέγεθος 80 bits και τοποθετείται μπροστά από το πεδίο δεδομένων. Σκοπός της είναι να γνωστοποιήσει στο δέκτη το σχήμα της ροής εισόδου και την κατάλληλη λειτουργία για την προσαρμογή του. Παρά το μεγάλο πλήθος των ψηφίων σηματοδοσίας στην επικεφαλίδα (80), δεν θυσιάζεται η αποδοτικότητα της μετάδοσης ούτε η ανοχή έναντι του θορύβου. Η επικεφαλίδα BB μεταφέρει και επιπλέον πληροφορίες σηματοδοσίας, όπως:

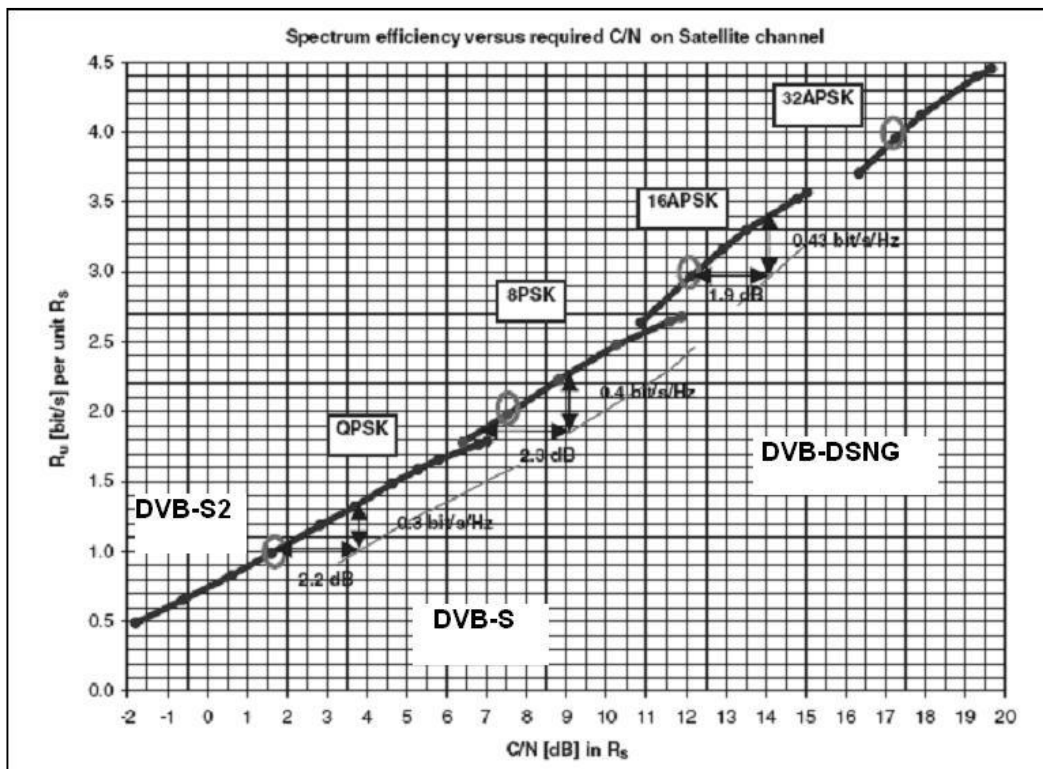
- χαρακτηρισμό των ρευμάτων εισόδου του διαμορφωτή
- περιγραφή της θέσης και των χαρακτηριστικών των πακέτων χρήστη
- ένδειξη της παρουσίας πρόσθετων bit στο μεταδιδόμενο BBFRAME
- σήμανση της ενεργοποίησης ορισμένων επιλογών, όπως είναι η συνάρτηση διαγραφής των μηδενικών πακέτων και η συνάρτηση συγχρονισμού της ροής εισόδου
- ένδειξη για το σχήμα διαμόρφωσης που έχει επιλεγεί

2.3.5. Συμβατότητα με συστήματα DVB-S

Στο DVB-S2 έχει προβλεφθεί η συνύπαρξη δεκτών παλιάς και νέας γενιάς, έτσι έχουν καθοριστεί προαιρετικές λειτουργίες συμβατότητας προς τα πίσω (Backwards Compatible, BC). Οι λειτουργίες αυτές συνίστανται στην αποστολή δυο ρευμάτων μεταφοράς από ένα απλό δορυφορικό κανάλι. Το πρώτο ρεύμα ονομάζεται Υψηλής Προτεραιότητας (High Priority, HP) και είναι συμβατό τόσο με το DVB-S όσο και με το DVB-S2. Το δεύτερο καλείται Χαμηλής Προτεραιότητας (Low Priority, LP) και είναι συμβατό αποκλειστικά με δέκτες DVB-S2.

2.4. Σύγκριση απόδοσης συστημάτων DVB-S και DVB-S2

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 7, για δοσμένη φασματική απόδοση, το DVB-S2 επιτυγχάνει ένα κέρδος της τάξης των 2-2.5 dB σε σχέση με τα DVB-S και DVB-DSNG. Ομοίως, για δοσμένο σηματοθορυβικό λόγο, το κέρδος που επιτυγχάνεται από το DVB-S2 ως προς τη χωρητικότητα είναι περίπου 0.3-0.4 bit/s/Hz. Σημειώνεται ότι οι καταστάσεις μετάδοσης που υποδεικνύονται στο διάγραμμα από τους κύκλους προσομοιώνονται πλήρως, ενώ οι υπόλοιπες περιπτώσεις έχουν υπολογιστεί με εκτιμήσεις.



Εικόνα 7. Παραδείγματα του R_u σε σχέση με τον απαιτούμενο CNR για δορυφόρο, σε διάταξη απλού φέροντος ανά αναμετοδότη.

Οι καλύτερες επιδόσεις του DVB-S2 σε σχέση με το DVB-S φαίνονται στον πίνακα 3 που ακολουθεί. Με το DVB-S2 επιτυγχάνεται αύξηση του ρυθμού μετάδοσης (Bit rate) κατά περίπου 30% και αύξηση του αριθμού των Standard Definition (SD) και High Definition (HD) καναλιών που μπορούν να μεταδοθούν σε σχέση με το DVB-S.

	SATELLITE EIRP 51 dBW		SATELLITE EIRP 53.7 dBW	
	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
Symbol Rate	27.5 Mbauds	30.9 Mbauds	27.5 Mbauds	29.7 Mbauds
Roll-Off factor	(ROF 0.35)	(ROF 0.20)	(ROF 0.35)	(ROF 0.25)
Modulation	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	8PSK 23

Bit rate	33.8 Mbps	46 Mbps (+36%)	44.4 Mbps	58.8 Mbps (+32%)
Number of SD channels	7 SDTV MPEG2 15 SDTV h.264	10 SDTV MPEG2 21 SDTV h.264	10 SDTV MPEG2 20 SDTV h.264	13 SDTV MPEG2 26 SDTV h.264
Number of HD channels	1 HD MPEG2 3 HD h.264	2 HD MPEG2 5 HD h.264	2 HD MPEG2 5 HD h.264	3 HD MPEG2 6 HD h.264

Πίνακας 3. Σύγκριση DVB-S με DVB-S2.

3. Η εκπομπή δορυφορικού τηλεοπτικού σήματος σήμερα.

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τις διάφορες τεχνολογίες εκπομπής δορυφορικών τηλεοπτικών σημάτων όπως υπάρχουν σήμερα και εκπέμπονται μέσω δορυφόρων. Θα γίνει μια αναφορά στις τεχνολογίες μετάδοσης κανονικής ευκρίνειας εικόνας – SDTV (Standard Definition Television), υψηλής ευκρίνειας - HDTV (High Definition Television) και τρισδιάστατης απεικόνισης - 3DTV (3D Television) και στο τέλος θα γίνει και μια αναφορά για τις δύο τηλεοπτικές πλατφόρμες που απευθύνονται στην Ελληνική αγορά, NOVA και ΟΤΕ TV.

3.1. Εκπομπή ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος κανονικής και υψηλής ευκρίνειας (SDTV και HDTV broadcasting).

Η εκπομπή τηλεοπτικού σήματος μέσω δορυφόρου αφορά σήμερα τόσο την Τηλεόραση Κανονικής Ευκρίνειας (Standard Definition Television, SDTV) όσο και την Τηλεόραση Υψηλής Ευκρίνειας (High Definition Television, HDTV). Η τελευταία αναφέρεται στη μετάδοση τηλεοπτικών σημάτων μεγαλύτερης ανάλυσης από αυτά που χρησιμοποιούνται στα παραδοσιακά σχήματα όπως το NTSC, το SECAM και το PAL. Όπως είναι φανερό, μια υψηλής ανάλυσης πηγή θα έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης και ρυθμό μετάδοσης προκειμένου να είναι εφικτή η μετάδοση του σήματος χωρίς απώλεια της ποιότητας. Παρακάτω θα αναλυθούν οι δύο αυτές τεχνολογίες μετάδοσης και θα παρουσιαστούν και πίνακες με τα σημαντικότερα τηλεοπτικά κανάλια που εκπέμπονται μέσω δορυφόρου στην Ευρώπη σήμερα.

3.1.1. SDTV.

Το πρότυπο SDTV (Standard Definition Television) – Τηλεόραση Κανονικής Ευκρίνειας είναι το πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε από την αρχή της μετάδοσης τηλεοπτικών σημάτων και χρησιμοποιείται έως και σήμερα σε όλο τον κόσμο. Ο όρος χρησιμοποιείται συνήθως σαν σημείο αναφοράς της ψηφιακής τηλεόρασης όταν εκπέμπεται στην ίδια ή παραπλήσια ανάλυση με την αναλογική. Οι δύο τύποι της SDTV μετάδοσης είναι:

- 576i - που προέρχεται από το Ευρωπαϊκό PAL και SECAM με 576 γραμμές διαμπλεκόμενη σάρωση (interlaced), και
- 480i - που προέρχεται από το Αμερικάνικό Εθνικό Τηλεοπτικό Σύστημα NTSC (American National Television System Committee NTSC system).

Στις ΗΠΑ η ψηφιακή SDTV μεταδίδεται με την ίδια αναλογία 4:3 όπως και τα σήματα NTSC. Ωστόσο σε περιοχές που χρησιμοποιούν τα αναλογικά συστήματα PAL και SECAM η τυπική αναλογία των διαστάσεων της μετάδοσης σήμερα είναι 16:9.

Τα πρότυπα που υποστηρίζουν την κανονικής ευκρίνειας ψηφιακή εκπομπή (SDTV) είναι το DVB (Digital Video Broadcasting), το ATSC (Advanced Television Systems Committee standards) και το ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting). Τα δύο τελευταία αναπτύχθηκαν αρχικά για την μετάδοση τηλεόρασης Υψηλής Ευκρίνειας (HDTV – High Definition Television) αλλά χρησιμοποιούνται συνήθως για την ικανότητα τους να προσφέρουν πολλαπλά σήματα βίντεο SD και ήχου μέσω πολυπλεξίας παρά για την μετάδοση ενός μόνο καναλιού HDTV. Στο πρότυπο ATSC μπορούν να μεταδοθούν 720x480 pixels (εικονοστοιχεία) x lines (γραμμές) με αναλογία 16:9, 720x480 pixels (εικονοστοιχεία) x lines (γραμμές) με αναλογία 4:3 ή 640x480 pixels (εικονοστοιχεία) x lines (γραμμές) με αναλογία 4:3. Ο ρυθμός ανανέωσης (refresh rate) μπορεί να είναι 24, 30 ή 60 καρέ ανά δευτερόλεπτο (fps - frames per second). Η ψηφιακή SDTV με αναλογία 4:3 έχει την ίδια εμφάνιση με την παραδοσιακή αναλογική τηλεόραση (NTSC, PAL, SECAM) χωρίς τα είδωλα, τις χιονισμένες εικόνες και το λευκό θόρυβο. Ωστόσο εάν η λήψη είναι κακή μπορεί κανείς να συναντήσει άλλα φαινόμενα όπως την εμφάνιση ψηφιδωτού – blockiness ή το stuttering.

Τα τηλεοπτικά σήματα μεταδίδονται σε ψηφιακή μορφή και τα εικονοστοιχεία τους (pixels) έχουν ορθογώνιο σχήμα σε αντίθεση με τα τετράγωνα που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες οθόνες ηλεκτρονικών υπολογιστών και στις σύγχρονες εφαρμογές της HDTV. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει την αναλογία pixels για τα διάφορα είδη σήματος SDTV. Να σημειωθεί ότι η πραγματική εικόνα (είτε είναι 16:9 ή 4:3) είναι στο κέντρο των 704 οριζοντίων pixels ανεξάρτητα με το πόσα χρησιμοποιούνται (704 ή 720). Στην περίπτωση του ψηφιακού σήματος βίντεο με 720 οριζόντια εικονοστοιχεία, μόνο τα 704 στο κέντρο

περιέχουν πραγματική εικόνα και τα 8 από κάθε πλευρά καλούνται ονομαστικά αναλογικά τυφλά (nominal analogue blanking) και θα πρέπει να απορρίπτονται πριν από την εμφάνιση της εικόνας.

(http://en.wikipedia.org/wiki/Standard-definition_television)

Video Format	Resolution	Pixel Aspect Ratio	Equivalent square-pixel resolution
576i 4:3	704×576	12:11	768×576
	720×576		786×576
576i 16:9	704×576	16:11	1024×576
	720×576		1048×576
480i 4:3	704×480	10:11	640×480
	720×480		654×480
480i 16:9	704×480	40:33	854×480
	720×480		872×480

Πίνακας 4. Οι αναλύσεις (resolution) στην SDTV.

3.1.2. HDTV.

Το HDTV (High-definition television) είναι ένα σύγχρονο πρότυπο ψηφιακής τηλεοπτικής μετάδοσης που χρησιμοποιείται από τα ψηφιακά τηλεοπτικά συστήματα ATSC (Αμερικάνικο) και DVB (Ευρωπαϊκό). Αυτό που το διαφοροποιεί σε σχέση με τα παλαιότερα συστήματα (NTSC, PAL και SECAM) είναι η πολύ υψηλότερη ανάλυση που προσφέρει, όπως άλλωστε μαρτυρά και ο τίτλος “high definition”. Μέχρι σήμερα υπάρχουν 3 πρότυπα HDTV:

- Το 720p με ανάλυση εικόνας 1280×720 σε οθόνη με λόγο πλευρών 16:9, όπου οι 720 γραμμές προβάλλονται με προοδευτική σάρωση (progressive scan),

- Το 1080i με ανάλυση εικόνας 1920×1080 σε οθόνη με λόγο πλευρών 16:9, όπου οι 1080 γραμμές προβάλλονται με διαπλεκόμενη σάρωση (interlaced scan) και
- Το 1080p με ανάλυση εικόνας 1920×1080 σε οθόνη με λόγο πλευρών 16:9, όπου οι 1080 γραμμές προβάλλονται με προοδευτική σάρωση (progressive scan).

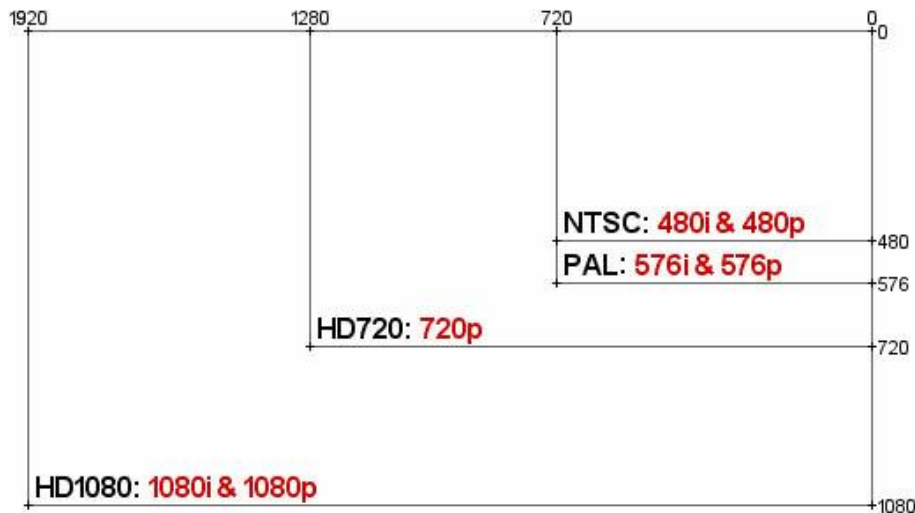
Βέβαια για κάθε τύπο από αυτούς υπάρχει και η παράμετρος των πλαισίων (δηλαδή πλήρη εικόνων) ανά δευτερόλεπτο (frames per second ή fps). Για παράδειγμα το 720p60 αντιστοιχεί σε προοδευτική σάρωση (progressive scan) 60 πλαισίων το δευτερόλεπτο με ανάλυση 1280×720 pixels, ενώ το 1080i50 αντιστοιχεί σε διαπλεκόμενη σάρωση (interlaced scan) 50 πεδίων (δηλαδή 25 πλαίσια) το δευτερόλεπτο με ανάλυση 1920×1080 pixels.

Για να καταλάβει κάποιος την διαφορά ανάμεσα στην HDTV τεχνολογία και την παλαιότερη, αναφέρουμε τα εξής:

- Στο σύστημα NTSC κάθε πλαίσιο αποτελείται από 480 ενεργές γραμμές (οι υπόλοιπες $525-480=45$ γραμμές χάνονται ανάμεσα στα πεδία για λόγους συγχρονισμού) και κάθε δευτερόλεπτο εμφανίζονται στην οθόνη 30 πλαίσια (από διαπλεκόμενη σάρωση 60 πεδίων). Όμοια στο σύστημα PAL κάθε πλαίσιο αποτελείται από 576 ενεργές γραμμές (οι υπόλοιπες $625-576=49$ γραμμές χάνονται ανάμεσα στα πεδία για λόγους συγχρονισμού) και κάθε δευτερόλεπτο εμφανίζονται στην οθόνη 25 πλαίσια (από διαπλεκόμενη σάρωση 50 πεδίων).

Επομένως είναι ολοφάνερο ότι το HDTV υπερτερεί στην ανάλυση (1280×720) και στον ρυθμό ανανέωσης της εικόνας (60 πλαίσια το δευτερόλεπτο).

- Το HDTV έχει περίπου διπλάσια ή τριπλάσια οριζόντια ανάλυση από τα απλά συστήματα, με αποτέλεσμα την ανάδειξη περισσότερων λεπτομερειών. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται καθαρά η αναλογία διαστάσεων (λόγω ανάλυσης) μεταξύ των εικόνων των συστημάτων NTSC (720×480), PAL (720×576), HDTV 720p (1280×720) και HDTV 1080 (1920×1080).



Εικόνα 8. Common Picture Resolutions. [<http://www.hdtvfaq.org/hdtv-formats.html>]

- Στο HDTV η εκπομπή σήματος βίντεο γίνεται σε αναλύσεις 1280×720 ή 1920×1080, ώστε να μπορούν προβληθούν άμεσα σε οθόνες με λόγο πλευρών 16:9. Όμως η εκπομπή των συστημάτων PAL και NTSC γίνεται με λόγο πλευρών 4:3, αφού στο σύστημα NTSC (480i60) εκπέμπονται 30 πλαίσια με ανάλυση 640x480, ενώ στο σύστημα PAL (576i50) εκπέμπονται 25 πλαίσια με ανάλυση 720x576. Επομένως πριν προβληθούν σε μια οθόνη 16:9, θα πρέπει πρώτα να υποστούν μετατροπή. Έτσι ένα βίντεο μορφής PAL με αρχική ανάλυση 768x576 μετατρέπεται σε βίντεο με ανάλυση 1024x576. Αυτή η εισαγωγή πρόσθετων pixels με σκοπό την αύξηση της οριζόντιας ανάλυσης εισάγει και οριζόντια παραμόρφωση, με αποτέλεσμα τα αντικείμενα να φαίνονται πιο φαρδιά απ' ότι ήταν στο αρχικό βίντεο!
- Το HDTV χρησιμοποιεί το σύστημα περιβάλλοντος ήχου Dolby Digital 5.1 (AC-3) που είναι πολύ πιο εντυπωσιακός από τον απλό στερεοφωνικό ήχο.
- Τα χρώματα είναι πιο ρεαλιστικά, αφού χρησιμοποιείται μεγαλύτερο εύρος ζώνης.

Όμως τι διαφορές υπάρχουν ανάμεσα στα πρότυπα HDTV 720p και 1080i;

- Το πρότυπο 720p προβάλλει εικόνες με μεγαλύτερο ρυθμό ανανέωσης, αλλά με μικρότερη ανάλυση. Γι' αυτό θεωρείται καταλληλότερο για σκηνές με γρήγορη δράση. Το 1080i προβάλλει εικόνες με μικρότερο ρυθμό ανανέωσης, αλλά με μεγαλύτερη ανάλυση. Γι' αυτό θεωρείται καλύτερο για "στατικές" σκηνές, αφού κατά την προβολή σκηνών με γρήγορη δράση παρατηρείται η εμφάνιση των λεγόμενων artifacts (πιξέλιασμα).
- Το πρότυπο 720p προτιμάται για την διάδοση βίντεο μορφής HD μέσω του διαδικτύου (internet), καθώς τα βίντεο αυτής της μορφής είναι μικρότερου

μεγέθους (που σημαίνει γρηγορότερη μετάδοση και ευκολότερη αποθήκευση) και επίσης είναι ευκολότερη και γρηγορότερη η αποκωδικοποίησή τους κατά την αναπαραγωγή.

- Το πρότυπο 720p είναι άμεσα συμβατό με όλες τις οθόνες plasma και LCD, καθώς και με τις CRT οθόνες των υπολογιστών, αφού η λειτουργία όλων αυτών βασίζεται στην προοδευτική σάρωση. Αντιθέτως για να προβάλουν βίντεο του προτύπου 1080i, πρέπει πρώτα να του αλλάξουν την σάρωση από διαπλεκόμενη σε προοδευτική (deinterlacing). Όμως αυτή η μετατροπή μειώνει τον ρυθμό ανανέωσης εικόνας στο μισό, αφού 2 πεδία διαπλεκόμενης σάρωσης μετατρέπονται σε 1 πλαίσιο προοδευτικής.

Αυτή τη στιγμή (Ιούνιος 2012) υπάρχουν 865 HD κανάλια διαθέσιμα στην Ευρώπη. Τα κανάλια αθλητικού περιεχομένου παραμένουν το πιο δημοφιλές είδος καναλιών HD, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 20% όλων των καναλιών, ακολουθούμενα από τα κανάλια που προβάλλανε τηλεοπτικές ταινίες και τα κανάλια γενικού περιεχομένου.

(<http://en.wikipedia.org/wiki/HdTV>), (<http://en.kingofsat.net/hdTV.php>).

3.2.3DTV.

Η 3D τηλεόραση (3DTV) είναι μια τηλεόραση που προβάλλει ένα τηλεοπτικό πρόγραμμα σε ένα ρεαλιστικό τρισδιάστατο χώρο χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως η στερεοσκοπική απεικόνιση (stereoscopic display), πολλαπλή απεικόνιση (Multi-view display), δισδιάστατη-συν-βάθος απεικόνιση (2D-plus-depth) και άλλες μορφές τρισδιάστατης απεικόνισης.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1890 κατατέθηκε η πρώτη ευρεσιτεχνία για την πατέντα της τρισδιάστατης παραγωγής ταινιών και το 1915 παρουσιάστηκε δοκιμαστικά σε ακροατήριο η πρώτη ταινία, ενώ το 1935 παρήχθη η πρώτη τρισδιάστατη ταινία με χρώμα. Ύστερα από αυτό και όταν η τηλεόραση έγινε πολύ δημοφιλής στην Αμερική (το 1950) δημιουργήθηκαν πολλές ταινίες 3D, και μετά από λίγο ακολούθησε και η Σοβιετική Ένωση που δημιούργησε και την πρώτη 3D ταινία μεγάλου μήκους (Robinson Crusoe).

(http://en.wikipedia.org/wiki/Robinson_Kruzo)

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές για την παραγωγή και την εμφάνιση 3D ταινίας. Η βασική απαίτηση είναι να εμφανίζονται εικόνες που να έχουν μια μικρή απόκλιση μεταξύ τους και να φιλτράρονται ξεχωριστά στο αριστερό και το δεξί μάτι. Δύο στρατηγικές έχουν χρησιμοποιηθεί για να επιτευχθεί αυτό: ο θεατής να φορά γυαλιά που να φιλτράρει

ξεχωριστά τις εικόνες για το δεξί και αριστερό μάτι ή η πηγή φωτός να ξεχωρίζει τις εικόνες που κατευθύνονται στα μάτια του θεατή (χωρίς την απαίτηση γυαλιών). Οι συνηθέστερες τεχνολογίες για την απεικόνιση 3D περιεχομένου είναι:

- Με φίλτρα – φακούς.
 - Ανάγλυφο 3D (Anaglyphic 3D) με παθητικά φίλτρα κόκκινο/κυανό.
 - Polarized 3D με πολωμένα γυαλιά.
 - Alternate-frame sequencing με γυαλιά ενεργού κλείστρου.
 - Με συσκευή που προσαρμόζεται στο κεφάλι του θεατή με ξεχωριστή οθόνη για κάθε μάτι.
- Χωρίς φακούς. Οθόνες που δεν απαιτούν την ύπαρξη γυαλιών.
- Άλλοι τύποι όπως ολογραφικές οθόνες ή ογκομετρική απεικόνιση κτλ.

Η κοινοπραξία DVB έχει ορίσει τις προδιαγραφές DVB-3D για την μετάδοση τρισδιάστατου περιεχομένου:

- 3D-TV συνδεδεμένο σε 3D Blu-ray player για dvd μέσα.
- 3D-TV συνδεδεμένη σε HD κονσόλα παιχνιδιών, π.χ. PS3 για 3D παιχνίδια.
- 3D-TV συνδεδεμένη σε HD αποκωδικοποιητή για εκπομπή σε 3D-TV.
- 3D-TV για λήψη 3D-TV που μεταδίδεται απευθείας μέσω ενός ενσωματωμένου δέκτη και αποκωδικοποιητή.

Για τα δύο παραπάνω σενάρια εκπομπής, οι αρχικές απαιτήσεις ήταν για φορείς συνδρομητικής τηλεόρασης και την παροχή 3D-TV υπηρεσίες μέσω υφιστάμενων υποδομών μετάδοσης HD, και την χρησιμοποίηση υφιστάμενων δεκτών (με αναβάθμιση firmware, όπου απαιτείται) για την παροχή 3D περιεχομένου σε 3D τηλεοράσεις μέσω σύνδεσης HDMI ή ισοδύναμου.

Το πρότυπο DVB 3D-TV είναι ένα νέο πρότυπο που βγήκε εν μέρει το 2010 και περιλαμβάνει τεχνικές και διαδικασίες για την μετάδοση DVB μέσω καλωδίου, επίγειας ή δορυφορικής εκπομπής.

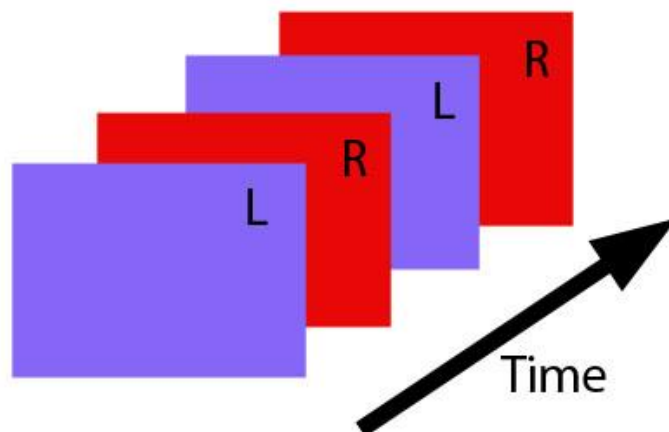
http://en.wikipedia.org/wiki/3D_television

3.2.1. Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Όσον αναφορά τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η αποκωδικοποίηση του σήματος και η προβολή του στην οθόνη, τα σημερινά στερεοσκοπικά συστήματα χρησιμοποιούν διαδοχικά πλαίσια 3D σημάτων. Τα αριστερά και τα δεξιά πλαίσια στέλνονται εναλλάξ και με διαφορετικά συστήματα όπως πολωμένα γυαλιά ή γυαλιά ενεργών κλείστρων

εμφανίζονται στη συνέχεια σε κάθε μάτι. Αυτό συνεπάγεται ότι η πραγματική συχνότητα είναι τα μισά πλαίσια από τη συχνότητα του βίντεο.

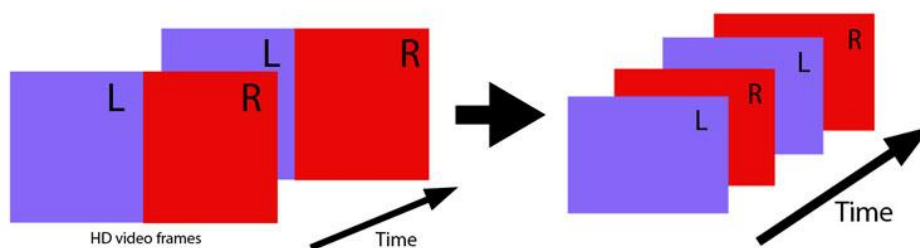
(http://en.wikipedia.org/wiki/DVB_3D-TV)



Εικόνα 9. Frame sequential 3D video. (http://en.wikipedia.org/wiki/DVB_3D-TV)

Υπάρχουν βασικά δύο τρόποι να γίνει χωρική πολυπλεξία: Δίπλα - Δίπλα (Side by side - Sbs) και Πάνω και Κάτω (Top and bottom - TaB), αλλά και επιπλέον μορφές πολυπλεξίας έχουν προταθεί προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα της εικόνας:

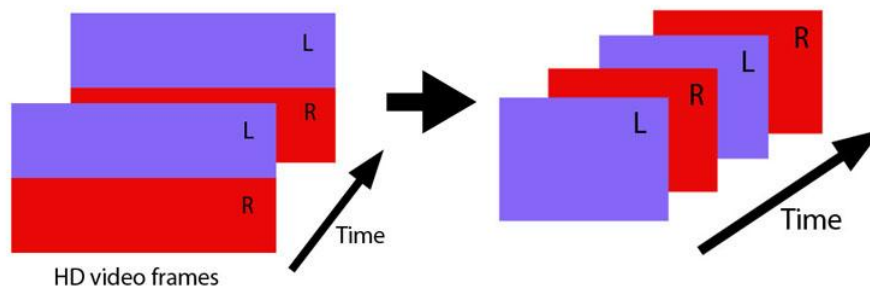
- Δίπλα - Δίπλα (Side by side - Sbs). Η μία εικόνα υψηλής ευκρίνειας δίπλα από την άλλη, υποστηρίζοντας τα παρακάτω φορμά εικόνας:
 - 1080i @ 50Hz Side-by-Side
 - 720p @ 50Hz Side-by-Side
 - 720p @ 59.94 / 60 Hz Side-by-Side
 - 1080p @ 23.97 / 24 Hz Side-by-Side
 - 1080i @ 59.94 / 60 Hz Side-by-Side



Εικόνα 10. Side by side format. (http://en.wikipedia.org/wiki/DVB_3D-TV)

- Πάνω και Κάτω (Top and bottom - TaB). Η μία εικόνα υψηλής ευκρίνειας πάνω από την άλλη, υποστηρίζοντας τα παρακάτω φορμά εικόνας:
 - 1080p @ 23.97 / 24 Hz Top-and-Bottom

- 720p @ 59.94 / 60 Hz Top-and-Bottom



Εικόνα 11. Top and bottom format. [http://en.wikipedia.org/wiki/DVB_3D-TV]

3.2.2. Επιπτώσεις στην υγεία

Μερικοί θεατές έχουν παραπονεθεί για πονοκεφάλους και προβλήματα όρασης μετά την παρακολούθηση 3D τηλεόρασης και ταινιών. Υπήρξαν και αρκετές προειδοποιήσεις ιδίως για ηλικιωμένους. Υπάρχουν συνέπειες της 3D τηλεόρασης που είναι αφύσικες για την ανθρώπινη όραση. Αν και η 3D τηλεόραση βασίζεται στη χρήση δύο ελαφρώς διαφορετικών εικόνων με παρόμοιο τρόπο με το μοντέλο της ανθρώπινης όρασης για τη δημιουργία μιας τρισδιάστατης αναπαράστασης, υπάρχουν μερικές σαφείς διαφορές στον τρόπο που βλέπει ο θεατής ένα τρισδιάστατο αντικείμενο και μια 3D ταινία στην τηλεόραση.

Το γεγονός ότι η τεχνολογία 3D δημιουργεί την ψευδαίσθηση του βάθους παρουσιάζοντας δύο 2D εικόνες σε μια επίπεδη οθόνη είναι μια καταρχήν εντελώς αφύσικη διεργασία για τον εγκέφαλο. Όταν ο άνθρωπος κοιτάει ένα αντικείμενο στο χώρο, δύο ειδών μυς των ματιών αναλαμβάνουν δράση - οι μυς της σύγκλισης που διευθύνουν το αριστερό και το δεξί μάτι προς το ίδιο σημείο του χώρου και οι μυς που κάνουν τον βολβό του ματιού να εστιάσει στην εικόνα του αντικειμένου.

Ο εγκέφαλος κατευθύνει τα δύο αυτά είδη μυών στο ίδιο σημείο του χώρου, διότι αυτός είναι ο τρόπος που λειτουργεί η ανθρώπινη όραση. Η παρούσα 3D τεχνολογία όμως ασχολείται μόνο με το θέμα της σύγκλισης, με αποτέλεσμα η λειτουργία της σύγκλισης και η λειτουργία της εστίασης να αφορούν τελικά σε δύο διαφορετικά σημεία στο χώρο. Το σημείο εστίασης είναι σταθερά η οθόνη της τηλεόρασης, ενώ το σημείο σύγκλισης αλλάζει διαρκώς, ανάλογα με τη διαφορά μεταξύ των δύο εικόνων 2D που συγκλίνουν τεχνητά.

Αυτή η διαφορά μεταξύ της σύγκλισης και της εστίασης οδηγεί σε διάφορες ανεπιθύμητες παρενέργειες.

Επιπλέον, σε αρκετούς θεατές, αυτή η ανισότητα μπορεί να προκαλέσει ακόμη και δυσάρεστες επιδράσεις κατά τη διάρκεια μιας 3D προβολής, όπως η αίσθηση

αποπροσανατολισμού και πονοκεφάλους. Χειρότερα ακόμη, το γεγονός ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος κάνει χρήση διαφόρων διαδικασιών για την παραγωγή της αίσθησης του σχετικού βάθους και επομένως της τρισδιάστατης αντίληψης, η δημιουργία της 3D ψευδαίσθησης αποκλειστικά μέσω της σύγκλισης, πολλές φορές δεν είναι αρκετή για ορισμένους ανθρώπους για να μπορούν να δουν τρισδιάστατες εικόνες στην τηλεόραση ή τον κινηματογράφο. Με άλλα λόγια, η 3D τηλεόραση δεν είναι για όλους, μερικοί μπορεί να είναι σαν τυφλοί απέναντι σε αυτή την τεχνολογία.

Λίστα με τα δορυφορικά τηλεοπτικά κανάλια που μεταδίδουν 3D περιεχόμενο σε Ευρωπαϊκούς δορυφόρους φαίνεται παρακάτω:

27 record(s) - Sorted by satellite - Most recent updates: 2012-05-27 15:06 CET											
Name	Country	Category	Packages	Encryption	SID	VPID	Audio	PMT	PCR	TXT	Last updated
Astra 4A (4.8°E)											
Viasat 3D	Sweden	General	Viasat	VideoGuard	4410	4411	4412 swe	4410	4411		2012-01-17 +
							4413				
							nor				
							4414				
							den				
Eutelsat 7A (7.0°E)											
Digitürk 3D	Turkey	Presentations	Digitürk	Irdeco 2	8310	2480	3482 tur	7003	2480		2012-05-27 +
						3483					
						vo					
Penthouse 3D HD	United Kingdom	Porn	Digitürk	Irdeco 2	8366	2610	2611 vo	114	2610		2011-11-12 +
Eutelsat 9A (9.0°E)											
3D Sat TV	undefined	Presentations	_	Clear	7	1701	1702 ita	1700	1701		`
Hot Bird 13A / Hot Bird 13B / Hot Bird 13C (13.0°E)											
Canal+ 3D Polska	Poland	Presentations	Cyfra +	Mediaguard 3	14210	169	116 pol	1010	169		2012-04-13 +
				Nagravision 3							
Sky 3D Italia	Italy	Entertainment	Sky Italia	VideoGuard	14247	2517	2518 ita	267	2517		2012-01-18 +
							2519				
Nova 3D	Greece	Entertainment	Nova	Irdeco 2	15506	350	351 gre	601	350		2011-11-21 +

Astra 1H / Astra 1KR / Astra 1L / Astra 1M / Astra 2C (19.2°E)											
Canal+ 3D Spain	Spain	General	Canal+ (Astra)	Nagravision 3	30805	165	110 <i>esp</i>	1029	165		2011-06-08 +
							111				
							vo				
Astra 3D Demo	Luxembourg	Presentations	BetaDigital	Clear	4709	2559	2560 <i>ger</i>	105	2559		2012-05-05 +
							2563				
							ger				
Astra 3D Demo	Luxembourg	Presentations	SES ASTRA	Clear	5101	33	36	32	33		2012-01-28 +
Eurosport 3D	France	Sport		Viaccess 4.0	5114	201	42 cue	200	201		2012-05-23 +
							202 iss				
							203 <i>eng</i>				
							204 <i>ita</i>				
Sky 3D Germany	Germany	Entertainment	Sky Deutschland	Clear	117	255	259 <i>ger</i>	96	255	32	2010-12-21 +
				Nagravision 3			260				
				VideoGuard			eng				
Astra 3A / Astra 3B / Thor 2 (23.5°E)											
Penthouse 3D HD	United Kingdom	Porn	SES ASTRA	Viaccess 4.0	5311	32	33	41	32		2011-03-04 +
							34				
High TV 3D	U.S.A.	General	SES ASTRA	Clear	5313	2003	3003	1003	2003		2011-11-15 +
							101 <i>swe</i>				
							8003 <i>eng</i>				
Astra 1N / Astra 2A / Astra 2B / Astra 2D / Eutelsat 28A (28.2°E)											
Sky 3D	United Kingdom	General	Sky Digital	VideoGuard	1302	514	642 <i>eng</i>	257	514	2309	2010-07-31 +
							662				
							eng				

Turksat 2A / Turksat 3A (42.0°E)											
Smart 3D	Turkey	Presentations	D-Smart	VideoGuard	1603	103	203 tur 303 eng	1603	103		2011-11-24 +
Turksat 3D HD Promo	Turkey	Presentations	TURKSAT	Clear	4	2045	2046 tur	2040	2045		2012-05-22 +
3D Test	Turkey	Presentations	TURKSAT	Clear	8	175	176	170	175		2011-03-12 +
Teledünya 3D HD 1	Turkey	Presentations	-	Clear	1	1015	1016 tur				2012-01-06 +
Teledünya 3D HD 2	Turkey	Presentations	-	Clear	2	1025	1026 tur				2012-01-06 +
Teledünya 3D HD 3	Turkey	Presentations	-	Clear	3	1035	1036 tur				2012-01-06 +
Yahsat 1A (52.5°E)											
High TV 3D	U.S.A.	General	SES ASTRA	Clear	5313	2003	3003 eng	1003	2003		2012-03-13 +
Intelsat 10-02 / Thor 5 / Thor 6 (0.8°W)											
High TV 3D	U.S.A.	General	Canal Digital Nordic	Conax	6905	516	656 eng	260	516		2011-12-02 +
Eurosport 3D	France	Sport	Canal Digital Nordic	Conax	4611	514	648 eng	260	514		2012-05-25 +
Hispasat 1C / Hispasat 1D / Hispasat 1E (30.0°W)											
High TV 3D	U.S.A.	General	RRsat	Clear	3	2003	3003 eng	1003	2003		2011-10-20 +

Πίνακας 5. Channels broadcasting in 3D (<http://en.kingofsat.net/3dtv.php>)

3.3.Η ελληνική αγορά σήμερα.

Τέλος θα γίνει μια μικρή αναφορά στις δύο τηλεοπτικές πλατφόρμες – μπουκέτα που είναι διαθέσιμα στην Ελληνική αγορά.

3.3.1. NOVA.

Η NOVA είναι μια ελληνική ψηφιακή πλατφόρμα δορυφορικής συνδρομητικής τηλεόρασης που ανήκει στην Forthnet μετά από εξαγορά της εταιρίας NETMED N.V., μητρικής των εταιρειών, NETMED HELLAS A.E. και MULTICHOICE HELLAS A.E. οι οποίες παρέχουν υπηρεσίες συνδρομητικής τηλεόρασης στην Ελλάδα και στην Κύπρο. Ξεκίνησε τον Δεκέμβριο του 1999 και ήταν η πρώτη ψηφιακή υπηρεσία του είδους της στην Ελλάδα.



Εικόνα 12. Το λογότυπο της NOVA.

Προβάλλει διεθνή και ελληνικά προγράμματα όλων των ειδών. Διαθέτει 10 κανάλια θεματικά, 9 κινηματογραφικά και 12 αθλητικά. Επιπλέον αναμεταδίδει τα εθνικής εμβέλειας συμβατικά κανάλια και αρκετούς ραδιοφωνικούς σταθμούς, ελληνικούς και διεθνής. Το 2008 η Nova είχε 350.000 συνδρομητές ενώ το 2010 είχε 363.000.

Τα κανάλια εκπέμπονται στους δορυφόρους Hotbird 8 και Hotbird 9 οι οποίοι βρίσκονται στην τροχιακή θέση των δεκατριών μοιρών ανατολικά. Τα περισσότερα κανάλια είναι χαμηλής ευκρίνειας (Standard Definition). Τον Σεπτέμβριο του 2010 ξεκίνησε η εκπομπή καναλιών Υψηλής Ευκρίνειας (High Definition). Τα χαρακτηριστικά εκπομπής είναι τα παρακάτω:

- Κωδικοποίηση: MPEG-2 για τα κανάλια χαμηλής ευκρίνειας, MPEG-4 για τα κανάλια Υψηλής Ευκρίνειας
- Κρυπτογράφηση: Irdeto 2
- Διαμόρφωση: DVB-S για τις συχνότητες 10.930, 11.823, 11.938, 12.169 και DVB-S2 (8PSK) για την συχνότητα 12.130. (<http://www.forthnetgroup.gr>)

3.3.2. ΟΤΕ TV.

Η πλατφόρμα ΟΤΕ TV είναι η προσπάθεια του ΟΤΕ να μεταφέρει την υφιστάμενη διαδικτυακή του πλατφόρμα, πρώην Comn-x TV, στον δορυφόρο. Η υπηρεσία ΟΤΕ TV Μέσω Δορυφόρου συμπληρώνει τις υπηρεσίες συνδρομητικής τηλεόρασης από τον ΟΤΕ μαζί με την IP υπηρεσία του και προσφέρει παραπάνω από 50 τηλεοπτικά κανάλια, 11 από αυτά σε High Definition, στην Ελληνική επικράτεια. Τα κανάλια εκπέμπονται στον δορυφόρο Eutelsat 9A που βρίσκεται στις 9 μοίρες Ανατολικά. Η δορυφορική υπηρεσία διατίθεται σε όλη την Ελλάδα από την Δευτέρα 17 Οκτωβρίου 2011 και τα χαρακτηριστικά εκπομπής είναι τα παρακάτω:

- Κωδικοποίηση: MPEG-4
- Κρυπτογράφηση: NDS
- Διαμόρφωση: DVB-S2 8PSK για τις συχνότητες 12111 V

(<http://otetv.ote.gr>)



Εικόνα 13. Το λογότυπο της ΟΤΕ TV.

Επίλογος

Η δορυφορική ψηφιακή τηλεόραση παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον τόσο από τεχνολογική όσο και από εμπορική άποψη. Το πρότυπο DVB-S και η εξέλιξη του DVB-S2 αντικατοπτρίζουν την πρόοδο που εμφανίζει αυτός ο τεχνολογικός τομέας. Η τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV) και η τρισδιάστατη τηλεόραση (3DTV) αναμένεται να αναπτυχθούν ακόμη περισσότερο σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Βιβλιογραφία

Wikipedia, DVB 3D-TV viewed June 2012,
http://en.wikipedia.org/wiki/DVB_3D-TV

<<Η Μετάβαση στην Ψηφιακή Τηλεόραση>>, Πτυχιακή Εργασία, Μουσίτσα Χρήστου, Θεσσαλονίκη 2008
http://195.251.240.254:8080/bitstream/handle/10184/724/mousitsas_main.pdf?sequence=1

<<Ψηφιακή τηλεόραση και δορυφορικές μεταδόσεις>>, Διπλωματική Εργασία, Ελένης – Μαρίας Βλάχου, Σεπτέμβριος 2009
http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mta/2009/VlahouEleniMaria/attached-document-1263382994-171555-3795/Vlaxou_Eleni_Maria.pdf
[Δορυφορική τηλεόραση – Όλος ο κόσμος στο πιάτο σας](#), viewed June 2012,
<http://techblog.gr/database/satellite-tv-how-to/>

Μελετητικό Γραφείο Ραδιοφάσμα, viewed June 2012,
<http://www.radiofasma.com/>

Υπηρεσίες κοινής ωφέλειας (ενέργεια, επικοινωνίες, μεταφορές κ.λπ.)
<http://www.dolceta.eu/kypros/Mod6/IPTV.html>

«Digital video broadcasting over satellite (DVB-S): a system for broadcasting and contribution applications», International journal of satellite communications, 2000 Vol. 18, p.393-410 Cominetti A. and Morello A

« DVB-S2, the second generation standard for satellite broadcasting and unicasting», International journal of satellite communications and networking, 2004 Vol.22, 249-268 Morello A. and Reimers U.,

«Frame Synchronization and pilot structure for DVB-S2», International Journal of Satellite Communications and Networking, Vol 22, p.319-339, 2004 SunN F-W, Jiang Y, Lee L-N

Wikipedia, Standard-definition television, viewed Jun 2012,
http://en.wikipedia.org/wiki/Standard-definition_television

Hdtvfaq, High-Definition Picture Formats, viewed Jun 2012,
<http://www.hdtvfaq.org/hdtv-formats.html>

Wikipedia, High-definition television, viewed Jun 2012,
<http://en.wikipedia.org/wiki/Hdtv>

Kingofsat, HDTV channels, viewed Jun 2012, <http://en.kingofsat.net/hdtv.php>

Wikipedia, Robinzon Kruzo, viewed Jun 2012,
http://en.wikipedia.org/wiki/Robinzon_Kruzo

Wikipedia, 3D television, viewed Jun 2012,
http://en.wikipedia.org/wiki/3D_television

Wikipedia, DVB 3D-TV, viewed Jun 2012, http://en.wikipedia.org/wiki/DVB_3D-TV

Kingofsat, Channels broadcasting in 3D, viewed Jun 2012,
<http://en.kingofsat.net/3dtv.php>

Forthnetgroup, Nova, viewed Jun 2012,
http://www.forthnetgroup.gr/Home.aspx?a_id=256

OTETV, viewed Jun 2012, <http://otetv.ote.gr/portal/page/portal/OTETV/sat>